



**PROYEK AKHIR TERAPAN - RC 14-5501**

**PERENCANAAN PENINGKATAN RUAS JALAN TUREN-BTS. KAB. LUMAJANG STA 0+000-3+000 DENGAN MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU DI KAB. MALANG, JAWA TIMUR**

**MOH. HADIYATULLAH**  
**NRP. 3112.030.057**

**BARRY NUFA**  
**NRP. 3112.030.082**

**Dosen Pembimbing**  
**BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE , ST , MT**  
**NIP. 19740203 200212 1 002**

**JURUSAN DIPLOMA TEKNIK SIPIL**  
**Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2015**



**FINAL APPLIED PROJECT - RC 14-5501**

**DESIGN OF IMPROVEMENT ROAD OF  
TUREN – LUMAJANG DISTRICT  
MALANG DISTRICT – EAST JAVA PROVINCE  
Sta 0+000 – 3+000 USED RIGID PAVEMENT**

MOH. HADIYATULLAH  
NRP. 3112.030.057

BARRY NUFA  
NRP. 3112.030.082

Consellor Lecturer  
BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE , ST , MT  
NIP. 19740203 200212 1 002

DIPLOMA III CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Sepuluh Nopember Institute Of Technology  
Surabaya 2015

## LEMBAR PENGESAHAN

**PERENCANAAN PENINGKATAN RUAS JALAN  
TUREN-BTS. KAB. LUMAJANG STA 0+000-3+000  
DENGAN MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU**

**DI KAB. MALANG, JAWA TIMUR**

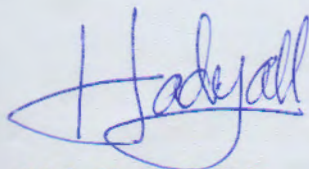
**PROYEK AKHIR TERAPAN**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya**

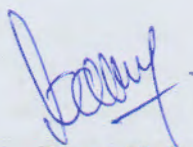
**Pada**

**Program Studi Diploma III Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh**



**Moh. Hadiyatullah**  
(3112.030.057)



**Barry Nufa**  
(3112.030.082)

**Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:**



**Pembimbing**

**14 JUL 2015**  
**14/07**

**Buyung Anugraha Affandhie, ST., MT**

**NIP. 19740203 200212 1 002**

**SURABAYA, JULI 2015**

**ABSTRAK**  
**PERENCANAAN PENINGKATAN RUAS JALAN**  
**TUREN-BTS. KAB. LUMAJANG STA 0+000-3+000**  
**DENGAN MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU**  
**DI KAB. MALANG, JAWA TIMUR**

**Nama Mahasiswa : MOH. HADIYATULLAH**  
**NRP : 3112030057**

**Nama Mahasiswa : BARRY NUFA**  
**NRP : 3112030082**

**Dosen Pembimbing : BUYUNG ANUGRAHA**  
**AFFANDHIE, ST, MT**  
**NIP : 19740203 200212 1 002**

Proyek peningkatan jalan Turen – Bts. Kab Lumajang ini merupakan proyek pembangunan yang bertujuan untuk memberikan tingkat pelayanan yang lebih baik karena tingkat pertumbuhan kendaraan yang cukup tinggi serta meningkatkan pertumbuhan pada sektor pertambangan karena ruas jalan Turen – Bts. Kab. Lumajang merupakan jalan yang biasanya sering dilewati oleh kendaraan yang membawa material bahan bangunan yang berasal dari kaki gunung Semeru. Agar dapat terwujudnya kelancaran dan kenyamanan dalam berlalu lintas maka direncanakan proyek peningkatan jalan Turen – Bts. Kab. Lumajang KM 23+000 – KM 26+000

Perencanaan peningkatan jalan ini direncanakan menggunakan struktur perkerasan kaku (Rigid Pavement). Metode yang digunakan pada perencanaan jalan ini diantaranya adalah analisa kapasitas jalan dengan

menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, perhitungan tebal perkerasan kaku dengan menggunakan Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen (Pd T-14-2003), kontrol geometrik jalan dengan menggunakan Perencanaan Geometrik Jalan, Perencanaan Drainase dengan metode SNI 03-342-1994, dan perencanaan anggaran biaya menggunakan buku petunjuk teknis Harga Satuan Pokok (HSPK) 2014.

Dari hasil perhitungan derajat kejenuhan untuk perencanaan peningkatan jalan Turen – Bts. Kab. Lumajang dengan menggunakan perkerasan kaku (*rigid pavement*) yang dilakukan pada awal tahun rencana 2017 dengan umur rencana 20 tahun, didapatkan hasil untuk lebar jalan rencana selebar 12 m. Tebal untuk perkerasan kaku diperoleh 20 cm dengan beton K-400 serta pondasi bawah dengan Agregat B setebal 20cm. Hasil analisa kontrol geometrik jalan yang dilakukan tidak terdapat perubahan geometrik jalan pada ruas jalan ini. Perencanaan saluran tepi drainase menggunakan bentuk trapesium dengan dimensi  $b = 0,6$  m,  $d = 0,8$  m dan  $w = 0,63$  m. Biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan proyek ini adalah sebesar **Rp. 32.993.324.713** (terbilang Tiga Puluh Dua Milyar Sembilan Ratus Sembilan Puluh Tiga Juta Tiga Ratus Dua Puluh Empat Ribu Tujuh Ratus Tiga Belas Rupiah)

*Kata kunci: Perkerasan Beton Semen, Tebal Perkerasan, Geometrik, Drainase*

**ABSTRACT**  
**DESIGN OF IMPROVEMENT ROAD OF**  
**TUREN – LUMAJANG DISTRICT**  
**MALANG DISTRICT – EAST JAVA PROVINCE**  
**Sta 0+000 – 3+000 USED RIGID PAVEMENT**

**Student Name : MOH. HADIYATULLAH**  
**NRP : 3112030057**

**Student Name : BARRY NUFA**  
**NRP : 3112030082**

**Supervisor : BUYUNG ANUGRAHA**  
**AFFANDHIE, ST, MT**  
**NIP : 19740203 200212 1 002**

*Road improvement project Turen – Lumajang District is a development project which has purpose to give better service standard due to level of transportation development is high and to increase Development of mine sector since roads of Turen – Lumajang district is usually passed by vehicle carrying building material from foot of Mount Semeru. In order to realize smooth and comfort in road of Turen – Lumajang District, Malang Sta 0+000 – 3+000..*

*Planning of road improvement is planned by using a rigid pavement structure. The method used in the planning of this road include road capacity analysis using Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, the calculation of rigid pavement thickness by using the Planning Guidelines*

*Cement Concrete Pavement Road (Pd-T 14-2003). Geometric Control path by using Geometric Roads Planning. Drainage planning by SNI 03-042-1994 method, and the budget plan by using Technical Manuals Principal Activities Unit Price (HSPK) 2014.*

*From the calculated increase in road planning Turen – Lumajang road widening carried out early 2017 the Panin accordance Alt PP 34 year 2006 for the primary collector condition in a 5m wide road by road the changes from 2/2 UD into 4/2 UD with 12m road width. Rigid pavement thickness of 20cm is obtained with K-400 and the concrete foundation or called agregat B as thick as 20cm. Edge of the channel planning of drainage by using a trapezoidal shape with dimensions  $b = 0.5 \text{ m}$ ,  $d = 0.8 \text{ m}$  and  $w = 0.6 \text{ m}$ . Costs required for the construction of this Prospect is **Rp. 32.993.324.713** (in words Threety Two Billion Nine Hundred Ninety Three Million Three Hundred Twenty Four thousands Seven hundred Threeteen Rupiah).*

*Key Words: Rigid Pavement, Pavement Thickness, Geometric, Drainage*

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT atas segala Rahmat dan Ridho-Nya yang diberikan kepada umat-Nya, sehingga kami dapat menyelesaikan Proyek Akhir dengan judul “Perencanaan Peningkatan Ruasjalan Turen-Bts. Kab. Lumajang Dengan Menggunakan Perkerasan Kaku”. Proyek akhir adalah salah satu syarat akademik yang harus ditepuh mahasiswa untuk menyelesaikan pendidikan Program Studi Diploma III Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Proyek akhir ini tersusun dan terselesaikan berkat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan ini kami mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam Proyek Akhir ini. Ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kami sampaikan kepada:

1. Allah SWT yang memberikan kemudahan dan kelancaran dalam menyelesaikan Proyek Akhir
2. Orang Tua dan Kelurga kami yang telah memberikan do’a dan dukungan sepanjang perjalanan kami menempuh pendidikan Diploma ini, sehingga kami dapat menyelesaikan proyek akhir ini.
3. Bapak Buyung Anugraha Affandhie, ST, MT selaku Dosen Pembimbing Proyek Akhir ini.
4. Serta rekan-rekan sesama Mahasiswa Diploma III Teknik Sipil.

Didalam penyusunan Proyek Akhir penulis menyadari masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangatlah kami harapkan demi kesempurnaan Proyek Akhir ini.



Demikian yang penulis dapat sampaikan Terima kasih sekali lagi kepada semua yang telah ikut berperan dalam penyusunan proyek akhir ini. Semoga tugas akhir ini bisa berguna bagi semua amin.

Surabaya, Juli 2015

Penyusun

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	iii
ABSTRACT .....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xvii
DAFTAR GAMBAR .....	xxiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Manfaat.....	4
1.6 Lokasi Proyek.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Analisa Kapasitas .....	7
2.1.1 Kapasitas dasar .....	7
2.1.2 Faktor penyesuaian kapasitas akibat lebar jalur lalu lintas (FCw).....	7
2.1.3 Faktor penyesuaian kapasitas akibat pemisahan arah (FCsp) .....	8
2.1.4 Faktor penyesuaian akibat hantaman samping (FCsf) .....	9

2.1.5 Penentuan kapasitas pada kondisi lapangan .....	10
2.1.6 Derajat kejenuhan .....	11
2.2 Kontrol Geometrik Jalan .....	11
2.2.1 Fungsi Jalan .....	11
2.2.2 Alinyemen Horisontal .....	14
2.2.3 Alinyemen Vertikal .....	19
2.2.4 Superelevasi.....	22
2.2.5 Diagram Superelevasi.....	23
2.2.6 Koordinasi Alinyemen dalam Perencanaan .....	25
2.3 Perencanaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) .....	27
2.3.1 Perencanaan Komponen Konstruksi Perkerasan Kaku .....	29
2.3.2 Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Kaku .	36
2.3.3 Perencanaan Tulangan Untuk Perkerasan Kaku Secara Umum .....	40
2.3.4 Prosedur Perencanaan Perkerasan Kaku .....	41
2.4 Perencanaan Drainase Untuk Saluran Tepi .....	47
2.4.1 Analisa Data-data Hidrologi.....	48
2.4.2 Perencanaan Saluran Tepi .....	54
2.5 Rencana Anggaran Biaya .....	59
2.5.1 Umum .....	59
2.5.2 Volume Pekerjaan .....	59
2.5.3 Harga Satuan Pekerjaan.....	59

<b>BAB III METODOLOGI .....</b>	<b>61</b>
3.1 Tahap persiapan.....	61
3.1.1 Studi Pustaka .....	61
3.1.2 Pengolahan Data.....	62
3.2 Perencanaan Peningkatan Ruas Jalan Turen – Bts. Kab. Lumajang Sta 23+000 – 26+000 Dengan Menggunakan Perkerasan Kaku .....	63
3.2.1 Analisa Kapasitas Jalan .....	64
3.2.2 Geometrik Jalan.....	64
3.2.3 Struktur Perkerasan Jalan .....	64
3.2.4 Perencanaan Saluran Tepi .....	65
3.2.5 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya.....	65
3.2.6 Metode Pelaksanaan .....	66
3.3 Flowchart Pengerjaan .....	67
<b>BAB IV PENGUMPULAN DATA .....</b>	<b>71</b>
4.1 Pengumpulan Data .....	71
4.1.1 Pengumpulan Data .....	71
4.1.2 Data CBR .....	71
4.1.3 Data Curah Hujan.....	72
4.1.4 Data Lalu Lintas Turen – Bts. Kab. Lumajang	73
4.1.5 Harga Satuan Dasar Untuk Rencana Anggaran Biaya.....	104
<b>BAB V PENGOLAHAN DAN ANALISA DATA .....</b>	<b>115</b>
5.1 Analisa Data Lalu Lintas .....	115

5.1.1 Analisa Kapasitas Jalan Kondisi Eksisting ....	115
5.1.1.1 Menentukan Kapasitas Dasar .....	115
5.1.1.2 Menentukan Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Jalur Lalu Lintas (FCw) ..	116
5.1.1.3 Menentukan Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah Arah.....	117
5.1.1.4 Menentukan Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping (FCsf) .....	119
5.1.1.5 Menentukan Nilai Kapasitas (C) .....	120
5.1.1.6 Menentukan Derajat Kejenuhan (DS) ...	121
5.1.2 Analisa Kapasitas Jalan Kondisi Pelebaran....	123
5.1.2.1 Menentukan Kapasitas Dasar .....	123
5.1.2.2 Menentukan Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Jalur Lalu Lintas (FCw) .	125
5.1.2.3 Menentukan Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah Arah.....	126
5.1.2.4 Menentukan Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping (FCsf) .....	128
5.1.2.5 Menentukan Nilai Kapasitas (C) .....	129
5.1.2.6 Menentukan Derajat Kejenuhan (DS) ...	130
5.2 Perencanaan Perkerasan Jalan .....	132
5.2.1 Kontrol Alinyemen.....	132
5.3 Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku .....	152
5.3.1 Analisa Lalu Lintas .....	152

5.3.1.1 Perhitungan Data Muatan Maksimum Kendaraan.....	154
5.3.1.2 Perhitungan Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) Selama Umur Rencana ... Tahun.....	20 161
5.3.2 Analisa CBR.....	162
5.3.3 Pondasi Bawah .....	165
5.3.4 Beton Semen.....	166
5.3.5 Umur Rencana .....	166
5.3.6 Perhitungan Tebal Pelat Beton .....	166
5.3.7 Perhitungan Tulangan.....	170
5.4 Perencanaan Saluran Tepi (Drainase) .....	173
5.4.1 Data Curah Hujan.....	174
5.4.2 Perhitungan Debit dan Dimensi Saluran .....	180
5.4.2.1 Perencanaan dimensi saluran tepi (drainase) pada STA 0+000 – 0+800 (Sisi Kiri).....	180
5.4.2.2 Perencanaan dimensi saluran tepi (drainase) pada STA 0+800 – 1+500 (Sisi Kiri).....	187
5.4.2.3 Perencanaan dimensi saluran tepi (drainase) pada STA 1+500 – 2+200 (Sisi Kiri).....	194
5.4.2.4 Perencanaan dimensi saluran tepi (drainase) pada STA 2+200 – 3+000 (Sisi Kiri).....	200

5.4.2.5 Perencanaan dimensi saluran tepi (drainase) pada STA 0+000 – 0+800 (Sisi Kanan) .....	207
5.4.2.6 Perencanaan dimensi saluran tepi (drainase) pada STA 0+800 – 1+500 (Sisi Kanan) .....	214
5.4.2.7 Perencanaan dimensi saluran tepi (drainase) pada STA 1+500 – 2+200 (Sisi Kiri) .....	221
5.4.2.8 Perencanaan dimensi saluran tepi (drainase) pada STA 2+200 – 3+000 (Sisi Kiri) .....	228
5.4.3 Perhitungan Gorong-Gorong .....	241
5.4.3.1 Box Culvert di Sta 0+177 .....	241
5.4.3.2 Pipe Culvert di Sta 1+537 .....	242
5.4.3.3 Pipe Culvert di Sta 1+612 .....	244
5.4.3.4 Box Culvert di Sta 1+693 .....	245
5.4.3.5 Pipe Culvert di Sta 1+822 .....	246
5.4.3.6 Box Culvert di Sta 2+150 .....	248
5.4.3.7 Box Culvert di Sta 2+838 .....	249
<b>BAB VI RENCANA ANGGARAN BIAYA .....</b>	<b>253</b>
6.1 Volume Pekerjaan .....	253
6.2 Harga Satuan Dasar .....	256
6.3 Harga Satuan Pokok Pekerjaan .....	264
6.4 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya .....	272

BAB VII METODE PELAKSANAAN .....	275
7.1 Metode Pelaksanaan Peningkatan Ruas Jalan Turen- Bts. Kab. Lumajang KM 23+000 – KM 26+000 Dengan Menggunakan Perkerasan Kaku .....	275
7.1.1 Urutan Pekerjaan Peningkatan Ruas Jalan Turen – Bts. Kab. Lumajang Sta 0+000 – 3+000 Dengan Menggunakan Perkerasan Kaku .....	276
7.1.2 Komponen Pekerjaan Rigid Pavement.....	283
7.1.3 Penggambaran Peningkatan Ruas Jalan Turen – Bts. Kab. Lumajang Dengan Menggunakan Perkerasan Kaku.....	289
BAB VIII PENUTUP .....	295
8.1 Kesimpulan.....	295
8.2 Saran .....	296
DAFTAR PUSTAKA.....	299



***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kapasitas dasar pada jalan luar kota 2-lajur 2-arah tak-terbagi (2/2 UD) .....	7
Tabel 2.2 Faktor penyesesuaian kapasitas akibat lebar jalur lalu-lintas (FCw) .....	8
Tabel 2.3 Faktor penyesesuaian kapasitas akibat pemisahan arah (FCsp).....	9
Tabel 2.4 Faktor penyesesuaian akibat hambatan samping (FCsf) .....	10
Tabel 2.5 Persyaratan dari setiap jaringan jalan.....	13
Tabel 2.6 Harga Rmin dan Dmaks untuk beberapa kecepatan rencana .....	14
Tabel 2.7 Jarak Pandang Henti (Jh) minimum .....	22
Tabel 2.8 Jarak Pandang Mendahului (Jd) .....	22
Tabel 2.9 Faktor pertumbuhan lalu-lintas (R).....	38
Tabel 2.10 Faktor Keamanan .....	39
Tabel 2.11 Koefisien Gesekan Antara Pelat Beton Dengan Lapis Pondasi .....	41
Tabel 2.12 Kemiringan melintang dan perkerasan bahu jalan.....	47
Tabel 2.13 Hubungan kemiringan selokan samping dan jenis material .....	48
Tabel 2.14 Nilai (K) sesuai lama pengamatan .....	49
Tabel 2.15 Periode Ulang.....	50

Tabel 2.16 Nilai $Y_n$ .....	50
Tabel 2.17 Nilai $S_n$ .....	51
Tabel 2.18 Hubungan kondisi permukaan tanah dan koefisien pengaliran.....	54
Tabel 2.19 Kemiringan talud berdasarkan debit .....	57
Tabel 2.20 Harga untuk Rumus Manning .....	57
Tabel 4.1 Data CBR Tanah Dasar .....	71
Tabel 4.2 Data Curah Hujan Rata-Rata Pada Stasiun Turen Tahun 2003-2013 .....	73
Tabel 4.3 Data Lalu Lintas Harian (LHR) Ruas Turen-Bts. Kab. Lumajang (kend/hr) .....	75
Tabel 4.4 Rekapitan Hasil Survey Lalu Lintas Ruas Turen-Bts. Kab. Lumajang.....	76
Tabel 4.5 Rekapitan Hasil Survey Lalu Lintas Ruas Turen-Bts. Kab. Lumajang.....	79
Tabel 4.6 Pertumbuhan Lalu Lintas Kendaraan Sepeda Motor.....	82
Tabel 4.7 Pertumbuhan Lalu Lintas Kendaraan Mobil Pribadi .....	84
Tabel 4.8 Pertumbuhan lalu lintas MPU/Microbus/Minibus .....	86
Tabel 4.9 Pertumbuhan Lalu Lintas Pick Up .....	87
Tabel 4.10 Pertumbuhan Lalu Lintas Bus Kecil .....	89
Tabel 4.11 Pertumbuhan Lalu Lintas Bus Besar .....	91
Tabel 4.12 Pertumbuhan Lalu Lintas Truk 2 As .....	93

Tabel 4.13 Pertumbuhan Lalu Lintas Truk 2 As .....	95
Tabel 4.14 Pertumbuhan Lalu Lintas Truk 3 As .....	97
Tabel 4.15 Pertumbuhan Lalu Lintas Truk Gandeng .....	99
Tabel 4.16 Pertumbuhan Lalu Lintas Truk Semi Trailer/Trailer .....	101
Tabel 4.17 Rekapitulasi Pertumbuhan Lalu Lintas Tiap Kendaraan .....	103
Tabel 5.1 Alinyemen Berdasarkan Lengkung Vertikal ...	116
Tabel 5.2 Kapasitas Dasar Pada Jalan Luar Kota 2/2UD	116
Tabel 5.3 Faktor Penyesuaian Akibat Lebar Jalur Lalu Lintas (F <sub>cw</sub> ) .....	117
Tabel 5.4 Data Lalu Lintas Harian (LHR) Ruas Turen-Bts. Kab. Lumajang Pada Tahun 2015 (Kend/Jr).....	118
Tabel 5.5 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah Arah (F <sub>csp</sub> ).....	119
Tabel 5.6 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping (F <sub>csf</sub> ) .....	120
Tabel 5.7 Perhitungan Derajat Kejenuhan (DS) Tahun 2015 Pada Kondisi Jalan Eksisting 2 Lajur 2 Arah Tak Terbagi (2/2 UD) Tahun 2017 .....	121
Tabel 5.8 Perhitungan Derajat Kejenuhan (DS) Tahun 2015 Pada Kondisi Jalan Eksisting 2 Lajur 2 Arah Tak Terbagi (2/2 UD) Tahun 2037 .....	122
Tabel 5.9 Rekapitulasi DS (2/2 UD) .....	122
Tabel 5.10 Tipe Alinyemen Berdasarkan Lengkung Vertikal.....	124

Tabel 5.11 Kapasitas Dasar Pada Jalan Luar Kota 2/2UD .....	124
Tabel 5.12 Faktor Penyesuaian Akibat Lebar Jalur Lalu Lintas (F <sub>cw</sub> ) .....	125
Tabel 5.13 Data Lalu Lintas Harian (LHR) Ruas Turen-Bts. Kab. Lumajang Pada Tahun 2015 (Kend/Jr).....	126
Tabel 5.14 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah Arah.....	128
Tabel 5.15 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping (F <sub>csf</sub> ) .....	129
Tabel 5.16 Perhitungan Derajat Kejenuhan (DS) Tahun 2015 Pada Kondisi Jalan Pelebaran 4 Lajur 2 Arah (4/2 UD) Tahun 2017.....	130
Tabel 5.17 Perhitungan Derajat Kejenuhan (DS) Tahun 2015 Pada Kondisi Jalan Pelebaran 4 Lajur 2 Arah (4/2 UD) Tahun 2037.....	131
Tabel 5.18 Rekapitulasi DS (4/2 UD) .....	131
Tabel 5.19 Tabel Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kontrol Geometrik Horizontal.....	148
Tabel 5.20 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kontrol Geometrik Vertikal.....	150
Tabel 5.21 Data Muatan Dan Pengelompokan Kendaraan Niaga .....	153
Tabel 5.22 Pembagian Beban Sumbu/As (Berdasarkan Pengukuran Beban) .....	153
Tabel 5.23 Data Lalu Lintas Rata-Rata Pada Tahun 2017 .....	158

Tabel 5.24 Perhitungan Jumlah Sumbu Berdasarkan Jenis Dan Bebannya .....	159
Tabel 5.25 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan Dan Koefisien Distribusi (C) Kendaraan Niaga Pada Lajur Rencana .....	160
Tabel 5.26 Faktor Keamanan Beban (Fkb) .....	161
Tabel 5.27 Perhitungan Repetisi Sumbu Rencana .....	162
Tabel 5.28 Perhitungan Analisa Fatik dan Erosi .....	167
Tabel 5.30 Data Curah Hujan .....	175
Tabel 5.31 Perhitungan Data Curah Hujan .....	176
Tabel 5.32 Variasi $X_t$ .....	178
Tabel 5.33 Nilai $Y_n$ .....	178
Tabel 5.34 Nilai $S_n$ .....	179
Tabel 5.35 Rekapitulasi Perhitungan Waktu Konsentrasi Saluran Sebelah Kanan .....	284
Tabel 5.36 Rekapitulasi Perhitungan Debit Saluran Sebelah Kanan .....	287
Tabel 5.37 Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Saluran Sebelah Kanan .....	290
Tabel 5.38 Rekapitulasi Perhitungan Waktu Konsentrasi Saluran Sebelah Kiri .....	290
Tabel 5.39 Rekapitulasi Perhitungan Debit Saluran Sebelah Kiri .....	290
Tabel 5.40 Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Saluran Sebelah Kiri .....	290

Tabel 5.41 Rekapitulasi Debit pada Gorong-Gorong.....	309
Tabel 6.1 Daftar Harga Satuan Kota Probolinggo/Malang Tahun 2014.....	313
Tabel 6.2 HSPK Pekerjaan Galian Tanah Biasa .....	321
Tabel 6.3 HSPK Pekerjaan Timbunan Biasa.....	322
Tabel 6.4 HSPK Pekerjaan Lapisan Pondasi dengan Agreggat Klass B .....	322
Tabel 6.5 HSPK Pekerjaan Lapisan Pondasi dengan Agreggat Klass B .....	323
Tabel 6.6 HSPK Pekerjaan Lapisan Lean Concrete.....	324
Tabel 6.7 HSPK Pekerjaan Beton K-400 .....	324
Tabel 6.8 HSPK Pekerjaan Pembesian dengan Besi Polos .....	325
Tabel 6.9 HSPK Pekerjaan Pembesian dengan Besi Ulir	326
Tabel 6.10 HSPK Pekerjaan Galian Untuk Drainase .....	326
Tabel 6.11 HSPK Pekerjaan Pembasangan Batu Kali ....	327
Tabel 6.12 HSPK Pekerjaan Marka Jalan .....	328
Tabel 6.13 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya .....	328

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kondisi Eksisting Pada Saat Ini.....	2
Gambar 1.2 Peta Lokasi Proyek Akhir Terapan.....	5
Gambar 2.1 Lengkung Full Circle.....	16
Gambar 2.3 Lengkung Spiral – Circle – Spiral .....	18
Gambar 2.4 Lengkung Spiral-Spiral.....	18
Gambar 2.5 Jarak Pandang pada lengkung vertikal cembung ( $S < L$ ) .....	19
Gambar 2.6 Jarak Pandang pada lengkung vertikal cembung ( $S > L$ ) .....	20
Gambar 2.8 Lengkung Vertikal Cekung dengan Jarak Pandang Penyinaran Lampu Depan $S > L$ .....	22
Gambar 2.9 Diagram Superelevasi Full Circle.....	24
Gambar 2.10 Diagram Superelevasi Spiral - Circle - Spiral.....	24
Gambar 2 11 Diagram Superelevasi Spiral – Spiral.	25
Gambar 2.12 Alinyemen horizontal dan vertikal satu fase.....	26
Gambat 2.13 Alinyemen horizontal dan vertikal tidak satu fase .....	26



Gambar 2.14 Tipikal Struktur Perkerasan Beton Semen .....	28
Gambar 2.16 Tebal pondasi bawah minimum untuk perkerasan beton semen.....	31
Gambar 2.17 Grafik Penentuan Harga CBR .....	40
Gambar 2.18 Rencana Pelat Beton Pada Perkerasan Kaku .....	43
Gambar 2.19 Analisis fatik dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, dengan /tanpa bahu beton .....	44
Gambar 2 20 Analisis erosi dan jumlah repetisi beban berdasarkan faktor erosi, dengan bahu beton .....	45
Gambar 2.21 Prosedur Perencanaan Tebal Pelat .....	46
Gambar 2.22 Kurva Basis.....	51
Gambar 2 23 Penampang Saluran Tepi Tipe Trapesium (FD) .....	56
Gambar 3.1 Bagan Alir Metodologi Perencanaan....	69
Gambar 4.1 Grafik Pertumbuhan lalu lintas kendaraan sepeda motor.....	83
Gambar 4.2 Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas Kendaraan Mobil Pribadi.....	85
Gambar 4.3 Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas MPU/Microbus/Minibus.....	87

Gambar 4.4 Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas Pick Up .....	89
Gambar 4.5 Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas Bus Kecil .....	91
Gambar 4.6 Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas Bus Besar .....	93
Gambar 4.7 Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas Truk 2 As Sumbu $\frac{3}{4}$ .....	95
Gambar 4.8 Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas Truk 2 As sumbu $\frac{3}{4}$ .....	97
Gambar 4.9 Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas Truk 3 As.....	99
Gambar 4.10 Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas Truk Gandeng.....	101
Gambar 4.11 Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas Truk Semi Trailer/Trailer .....	103
Gambar 5.13 Tebal pondasi bawah minimum untuk perkerasan beton semen.....	164
Gambar 5.15 CBR tanah dasar efektif dan tebal pondasi bawah .....	165
Gambar 5.16 Analisa Fatik dan Beban Repetisi Ijin Berdasarkan Rasio Tegangan, Dengan/Tanpa Bahu Beton.....	168

Gambar 5.17 Analisa Erosi Dan Jumlah Repetisi Ijin Berdasarkan Faktor Erosi, Tanpa Bahu Beton .....	169
Gambar 6.1 Bagan alir pelaksanaan overlay sebagai Lean Concrete .....	277
.....	281
Gambar 6.2 Bagan Alir Pelaksanaan Rigid Pavement .....	281
Gambar 6.3 Excavator .....	286
Gambar 6.4 Tahap Awal Pekerjaan Rigid Pavement .....	290
Gambar 6.5 Pekerjaan penghampan Readymix beton .....	291
Gambar 6.6 Pembuatan grooving .....	292
Gambar 6.7 Tindakan perawatan beton (Curing) ...	293
Gambar 6.8 Pekerjaan beton rigid .....	294

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pada era sekarang, pemerintah sedang mengarahkan Pembangunan Nasional kepada penyediaan fasilitas transportasi, baik itu berupa jalan antar kabupaten/kota, provinsi, maupun jalan tol di berbagai daerah yang ada di seluruh Indonesia. Jalan yang sebagai salah satu prasarana penghubung, merupakan unsur yang sangat penting dalam usaha untuk mengembangkan segenap potensi yang ada di suatu daerah dan juga untuk pemeratakan hasil-hasil pembangunan agar tersebar secara merata. Dengan semakin meningkatnya taraf hidup suatu masyarakat dan juga peranannya dalam bersosialisasi, peranan jalan semakin meningkat pula. Jalan dewasa ini bukan sekedar untuk mempermudah arus transportasi, melainkan pula berkaitan dengan kehidupan sosial, ekonomi, politik, serta pertahanan dan keamanan.

Keberadaan jalan ini sangat penting dalam kelancaran arus lalu lintas. Seiring meningkatnya jumlah lalu lintas yang diakibatkan bertambahnya jumlah kendaraan dan kondisi perkerasan jalan yang pada saat ini menggunakan lapisan AC (Asphalt Concrete), sudah mengalami kerusakan (bergelombang dan retak-retak) pada beberapa lokasi di ruas jalan. Selain itu, kondisi tanah dasar yang awalnya digunakan untuk perkerasan lentur sudah dirasa kurang layak untuk dibebani volume arus lalu lintas yang didominasi oleh kendaraan bermuatan berat

Pengondisian jalan dengan menggunakan perkerasan kaku, dinilai memiliki efektivitas dalam menopang beban dari arus lalu lintas di ruas ini.



Gambar 1.1 Kondisi Eksisting Pada Saat Ini

Dari latar belakang tersebut, maka penulis mencoba untuk meninjau dan merencanakan ulang peningkatan jalan serta memanfaatkan data-data yang diperoleh dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional V Kementrian Pekerjaan Umum Surabaya untuk menyusun tugas akhir dengan judul **“Perencanaan Ulang Ruas Jalan Turen – Bts. Kab. Lumajang dengan Menggunakan Perkerasan Kaku dari Sta 0+000 – 3+000”**.

## 1.2 Perumusan Masalah

Masalah – masalah yang diangkat dari uraian yang dituangkan dalam latar belakang diatas, ialah sebagai berikut:

1. Menghitung kebutuhan lebar ruas jalan Turen – Bts. Kab. Lumajang Sta 0+000 – 3+000 untuk kebutuhan umur rencana 20 tahun (2015-2035) menurut.
2. Merencanakan kontrol geometrik pada alinyemen vertikal dan horizontal ruas jalan Turen – Bts. Kab. Lumajang Sta 0+000 – 3+000 dengan menggunakan perkerasan kaku (rigid)
3. Merencanakan struktur perkerasan kaku pada jalan Turen – Bts. Kab. Lumajang Sta 0+000 – 3+000 untuk kebutuhan umur rencana 20 tahun (2015-2035)
4. Menghitung dimensi saluran tepi (drainase) pada ruas jalan Turen – Bts. Kab. Lumajang Sta 0+000 – 3+000

untuk kebutuhan umur rencana 20 tahun (2015-2035) menurut SNI 03-3424-1994

5. Estimasi biaya pelaksanaan dengan menggunakan HSPK tahun 2015 untuk menghitung kebutuhan pengerjaan perencanaan peningkatan ruas jalan Turen – Bts. Kab. Lumajang dengan menggunakan perkerasan kaku

### 1.3 Tujuan

Tujuan dari dibuatnya judul **“Perencanaan Peningkatan Ruas Jalan Turen – Bts. Kab. Lumajang Dengan Menggunakan Perkerasan Kaku Dari Sta. 0+000 – 3+000, di Kab. Malang, Jawa Timur”** yaitu sebagai berikut:

1. Menghitung kebutuhan lebar jalan dari ruas jalan yang direncanakan kembali sesuai dengan pertumbuhan lalu lintas selama 20 tahun ke depan menurut PP no 34 tahun 2006.
2. Melakukan kontrol berdasarkan geometrik jalan alinyemen yang sudah ada baik alinyemen vertikal maupun horizontal menurut modul konstruksi jalan raya (Soedarsono:1979).
3. Merencanakan tebal struktur perkerasan kaku untuk ruas jalan Turen – Bts. Kab. Lumajang menurut SNI Perkerasan Jalan Beton Semen : Pd T 14 2003.
4. Merencanakan dimensi saluran tepi (drainase) untuk memenuhi kebutuhan umur rencana pekerjaan 20 tahun ke depan dengan acuan SNI 03-3424-1994.
5. Menghitung rencana anggaran biaya pembangunan ruas jalan Turen – Bts. Kab. Lumajang dengan perkerasan kaku Sta 0+000 – 3+000 menurut HSPK kab. Malang tahun 2014.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Pada subbab ini, ada beberapa yang menjadi batasan masalah dalam terbentuknya proposal ini, diantaranya:

1. Tidak melakukan survey topografi langsung, dan hanya menggunakan data yang didapat dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional V.
2. Tidak melakukan penyelidikan data tanah langsung, dan hanya menggunakan data yang didapat dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional V.
3. Tidak melakukan survey data lalu lintas harian rata-rata, dan hanya menggunakan data yang didapat dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional V.
4. Tidak mengikutsertakan perhitungan struktur dari setiap jembatan yang dilalui oleh ruas jalan ini.

#### **1.5 Manfaat**

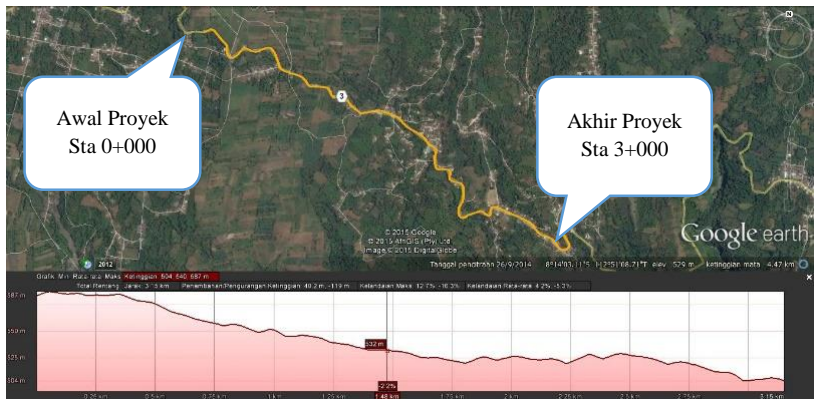
Manfaat yang diperoleh dari penulisan proposal tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat menghitung kebutuhan perencanaan dengan menggunakan perkerasan kaku untuk umur rencana 20 tahun.
2. Dapat menghitung kebutuhan saluran drainase untuk saluran tepi untuk umur rencana 20 tahun.
3. Dapat melakukan estimasi biaya yang dibutuhkan untuk ruas jalan ini.

#### **1.6 Lokasi Proyek**

Ruas jalan yang di analisis terletak pada ruas jalan Turen – Bts. Kab. Lumajang dengan Sta 0+000 - 3+000, Peta Lokasi Pekerjaan:





### Gambar 1.2 Peta Lokasi Proyek Akhir Terapan

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Berdasarkan teori data diatas yang digunakan sebagai dasar acuan perhitungan dalam proses pengolahan data sebagai berikut:

#### **2.1 Analisa Kapasitas**

Untuk kebutuhan pelebaran jalan maka diperlukan langkah-langkah analisis kapasitas sebagai berikut:

##### **2.1.1 Kapasitas dasar**

Merupakan jalan luar kota yang kapasitas dasar ( $C_0$ ) kondisi existingnya yaitu 2 lajur 2 arah terbagi (2/2 D), dapat dilihat pada tabel 2.1 MKJI 1997 hal 6-65.

**Tabel 2.1 Kapasitas dasar pada jalan luar kota 2-lajur 2-arah tak-terbagi (2/2 UD)**

Tipe Jalan/Tipe Alinyemen	Kapasitas Dasar Tetap Kedua Arah (smp/jam)
Dua lajur tak terbagi:	
• Datar	3100
• Bukit	3000
• Gunung	2900

*Sumber: Tabel C-1:2 Kapasitas dasar pada jalan luar kota 2-lajur 2-arah tak-terbagi (2/2 UD) MKJI 1997 6-65*

##### **2.1.2 Faktor penyesesuaian kapasitas akibat lebar jalur lalu lintas ( $FC_w$ )**

Menetapkan faktor penyesesuaian akibat lebar jalan lalu lintas berdasar pada lebar efektif jalur lalu lintas, tidak termasuk bahu jalan.

**Tabel 2.2 Faktor penyesesuaian kapasitas akibat lebar jalur lalu-lintas (FCw)**

Tipe Jalan	Lebar Efektif Jalur Lalu Lintas ( $W_c$ ) (m)	FCw
Empat lajur terbagi Enam lajur terbagi	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,03
Empat lajur tak terbagi	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,03
Dua lajur tak terbagi	Total kedua arah	
	5	0,69
	6	0,91
	7	1,00
	8	1,08
	9	1,15
	10	1,21
	11	1,27

Sumber: Table C-2:1 Faktor penyesesuaian kapasitas akibat lebar jalur lalu-lintas (FCw) MKJI 1997 6-66

### 2.1.3 Faktor penyesesuaian kapasitas akibat pemisahan arah (FCsp)

Pemisah arah adalah pembagian arah arus pada jalan dua arah dan dinyatakan sebagai prosentase dari arah arus total pada masing – masing arah. Dimana dalam hal ini untuk

jalan dua arah tak terbagi, menentukan faktor penyesuaian kapasitas pemisah arah dengan menggunakan tabel 2.3.

**Tabel 2.3 Faktor penyesesuaian kapasitas akibat pemisahan arah (FCsp)**

Pemisahan arah SP %-%		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FCsp	Dua-lajur 2/2	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
	Empat-lajur 4/2	1,00	0,975	0,95	0,92 5	0,90

*Sumber: Tabel C-3:1 Faktor penyesuaian kapasitas akibat pemisahan arah (FCsp) MKJI 1997 6-67*

### **2.1.4 Faktor penyesesuaian akibat hambatan samping (FCsf)**

Faktor penyesuaian kapasitas akibat hambatan samping adalah faktor penyesuaian untuk kapasitas dasar akibat hambatan samping sebagai fungsi dari lebar bahu. Hambatan adalah pengaruh kegiatan disamping ruas jalan akibat kinerja lalu lintas, misalnya pejalan kaki, pemberhentian kendaraan umum atau kendaraan lainnya, kendaraan masuk dan keluar lahan di samping jalan, dan kendaraan lambat. Nilai faktor penyesuaian kapasitas akibat hambatan samping ini dapat dilihat pada tabel 2.4.

**Tabel 2.4 Faktor penyesesuaian akibat hambatan samping (FCsf)**

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	Faktor Penyesesuaian Akibat Hambatan Samping dan Lebar Bahu (FCsf)			
		Lebar Bahu Efektif $W_s$ (m)			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	$\geq 2,0$
4/2 D	VL	0,99	1,00	1,01	1,03
	L	0,96	0,97	0,99	1,01
	M	0,94	0,95	0,96	0,99
	H	0,90	0,92	0,95	0,97
	VH	0,88	0,90	0,93	0,96
2/2 UD 4/2 UD	VL	0,97	0,99	1,00	1,02
	L	0,93	0,95	0,97	1,00
	M	0,88	0,91	0,94	0,98
	H	0,84	0,87	0,91	0,95
	VH	0,80	0,83	0,88	0,93

*Sumber: Table C-4:1 Faktor penyesesuaian kapasitas akibat hambatan samping (FCsf) MKJI 6-68*

### 2.1.5 Penentuan kapasitas pada kondisi lapangan

Rumus yang digunakan:

$$C = C_o \times FCw \times FCsp \times FCsf \times \left( \frac{smp}{jam} \right) \dots\dots\dots 2.1$$

Dimana

C : Kapasitas ( $\frac{smp}{jam}$ )

$C_o$  : Kapasitas dasar ( $\frac{smp}{jam}$ )

FCw : Faktor penyesesuaian akibat lebar jalur lalu lintas

FCsp : Faktor penyesesuaian akibat pemisah arah

FCsf : Faktor penyesuaian akibat hambatan  
samping

### 2.1.6 Derajat kejenuhan

Derajat kejenuhan adalah ratio arus terhadap kapasitas yang digunakan sebagai faktor kunci dalam penentuan perilaku lalu lintas pada suatu simpang dan juga segmen jalan. Nilai derajat kejenuhan menunjukkan apakah segmen jalan tersebut layak digunakan atau tidak.

Rumus yang digunakan adalah:

$$DS = Q/C \dots\dots\dots 2.2$$

$Q = \text{LHRT} \times k \times \text{emp}$

Dimana:

DS : Derajat kejenuhan

$Q$  : Arus total lalu lintas ( $\text{smp}/\text{jam}$ )

$C$  : Kapasitas ( $\text{smp}/\text{jam}$ )

Syarat,  $Q/C < 0,75$

## 2.2 Kontrol Geometrik Jalan

Untuk kebutuhan pelebaran jalan maka dibutuhkan pengontrolan geometrik dari jalan tersebut. Pengontrolan geometrik dapat dilakukan dengan menghitung lengkung vertikal dan lengkung horizontal.

### 2.2.1 Fungsi Jalan

Berdasarkan fungsi jalan dapat dibedakan menjadi:

- a. Jalan Arteri adalah jalan yang melayani angkutan dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
- b. Jalan Kolektor adalah jalan yang melayani angkutan pengumpulan atau pembagian dengan ciri-ciri

perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.

- c. Jalan Lokal adalah jalan yang melayani angkutan pengumpulan atau pembagian dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

Sistem jaringan jalan dibedakan menjadi 2, yaitu:

1. Sistem jaringan primer
  - a. Jalan arteri primer, adalah jalan yang menghubungkan kota jenjang kesatu yang terletak berdampingan atau menghubungkan kota jenjang kesatu dengan kota jenjang kedua.
  - b. Jalan kolektor primer, adalah jalan yang menghubungkan kota jenjang kedua dengan kota jenjang kedua atau menghubungkan kota jenjang kedua dengan kota jenjang ketiga.
  - c. Jalan Lokal Primer, adalah menghubungkan secara berdaya guna pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lingkungan, pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lingkungan, antarpusat kegiatan lokal, atau pusat kegiatan lokal dengan pusat kegiatan lingkungan, serta antarpusat kegiatan lingkungan.
  - d. Jalan lingkungan primer, adalah jalan yang menghubungkan antarpusat kegiatan di dalam kawasan perdesaan dan jalan di dalam lingkungan kawasan perdesaan.
2. Sistem jaringan sekunder
  - a. Jalan arteri sekunder, adalah jalan yang menghubungkan kawasan primer dengan kawasan primer kesatu, menghubungkan kawasan kesatu dengan kawasan sekunder kesatu atau



menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kedua.

- b. Jalan kolektor sekunder, adalah jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder kedua, atau menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga.
- c. Jalan lokal sekunder, adalah menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, kawasan sekunder kedua dengan perumahan, kawasan sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan.
- d. Jalan lingkungan sekunder, adalah jalan yang menghubungkan antarpersil dalam kawasan perkotaan.

Adapun beberapa persyaratan dari setiap sistem jaringan jalan yang ada diatas dirangkum dalam tabel 2.5.

**Tabel 2.5 Persyaratan dari setiap jaringan jalan**

Sistem jaringan jalan		Kecepatan (km/jam)	Indeks Permukaan	Lebar Badan Jalan (m)
Sistem Jaringan Primer	Arteri Primer	>60	>2	>11
	Kolektor Primer	>40	>2	>9
	Lokal Primer	>20	>1,5	>7,5
Sstem Jaringan Sekunder	Arteri Sekunder	>30	>1,5	>11
	Kolektor Sekunder	>20	>1,5	>9

	Lokal Sekunder	>10	>1	>7,5
--	-------------------	-----	----	------

*Sumber: Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 34 Tahun 2006  
Tentang Jalan*

### 2.2.2 Alinyemen Horisontal

Dalam mengontrol alinyemen horizontal, maka yang dilihat adalah adanya lengkung pada suatu segmen jalan. Radius minimum untuk lengkung tersebut didapat dengan penyesuaian dari kecepatan rencana. Tapi berdasarkan pertimbangan peningkatan jalan dikemudian hari metode hari, sebaiknya dihindari merencanakan alinyemen horizontal jalan dengan mempergunakan radius minimum yang menghasilkan lengkung tertajam. Disamping sukar menyesuaikan diri dengan peningkatan jalan juga menimbulkan rasa tidak nyaman pada pengemudi yang bergerak pada kecepatan diri dari kecepatan rencana.

Radius minimum didapat dengan mempergunakan persamaan:

$$R_{min} = \frac{v^2}{127} (e_{maks} + f_{maks}) \dots \dots \dots 2.3$$

Keterangan:

R = jari jari lengkung minimum (m)

V = kecepatan rencana (km/jam)

E<sub>maks</sub> = kemiringan tikungan maksimum

F<sub>maks</sub> = koefesien gesekan melintang maksimum

**Tabel 2.6 Harga R<sub>min</sub> dan D<sub>maks</sub> untuk beberapa  
kecepatan rencana**

Kecepatan Rencana	E Maks (m/m')	F (maks)	R(min) (perhitungan)	R <sub>min</sub> Design (m)	D <sub>maks</sub> Design ( <sup>o</sup> )
----------------------	---------------------	-------------	-------------------------	-----------------------------------	---

40	0,1 0,08	0,166	47,363 51,213	47 51	30,48 28,09
50	0,1 0,08	0,160	75,858 82,192	76 82	18,85 17,47
60	0,1 0,08	0,153	112,041 121,659	11 122	12,79 11,74
70	0,1 0,08	0,147	156,522 170,343	157 170	9,12 8,43
80	0,1 0,08	0,140	209,974 229,062	210 229	6,82 6,25
90	0,1 0,08	0,128	280,350 307,371	280 307	5,12 4,67
100	0,1 0,08	0,115	366,233 403,796	366 404	3,91 3,55
110	0,1 0,08	0,103	470,497 522,058	470 522	3,05 2,74
120	0,1 0,08	0,090	596,769 666,975	597 667	2,4 2,15

Sumber: *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*, Silvia Sukirman, hal 76

Bentuk-Bentuk lengkung horizontal ada 3, yaitu:

- Lengkung full circle (FC)

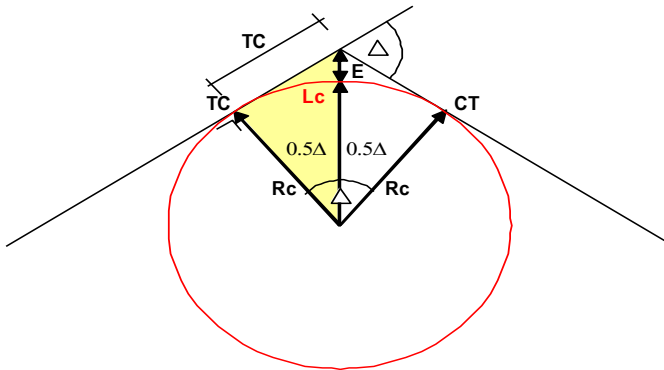
Bentuk lengkung ini digunakan pada tikungan yang mempunyai jari-jari besar dengan sudut tangent yang relatif kecil. Rumus-rumus yang dipergunakan dalam perencanaan lengkung full circle.

Dimana:

$$Tc = Rc \cdot \tan\left(\frac{1}{2} \Delta\right) \dots\dots\dots 2.4$$

$$Ec = Tc \cdot \tan 0,25\Delta \dots\dots\dots 2.5$$

$$Lc = \left(\frac{\Delta\pi}{180}\right) \dots\dots\dots 2.6$$



Gambar 2.1 Lengkung Full Circle

- **Lengkung Spiral-Circle-Spiral**

120 Pada lengkung S-C-S ini dikenal dengan lengkung peralihan ( $L_s$ ), yaitu lengkung yang disisipkan diantara bagian lurus jalan dan bagian lengkung jalan berjari-jari tetap  $R$ . Bentuk lengkung ini dipakai bila jari-jari lebih kecil dari batas yang ditentukan untuk bentuk full circle. Selain itu jari-jari yang diambil harus sesuai dengan kecepatan rencana. Rumus-rumus yang digunakan dalam perencanaan lengkung Spiral-Circle-Spiral.

$$\theta_s = \frac{L_s \cdot 90}{\pi Rc} \dots\dots\dots 2.7$$

$$\theta_c = \beta - 2\theta_s \dots\dots\dots 2.8$$

$$Lc = \frac{\theta_c}{360} \times 2\pi Rc \dots\dots\dots 2.9$$

$$L = Lc + 2L_s \dots\dots\dots 2.10$$

$$P = \frac{Ls}{6Rc} - Rc(1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots 2.11$$

p diperoleh dari

$$P = p^* \times Ls \dots\dots\dots 2.12$$

$$K = Ls - \frac{Ls^3}{40Rc} - Rc \cdot \sin \theta \dots\dots\dots 2.13$$

k diperoleh dari:

$$K = k^* \times Ls \dots\dots\dots 2.14$$

$$Es = (Rc + P) \sec \frac{1}{2} \Delta - Rc \dots\dots\dots 2.15$$

$$Ts = (Rc + P) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots\dots\dots 2.16$$

Keterangan:

$X_s$  = Jarak titik  $T_s$  dengan  $S_c$

$Y_s$  = Jarak tegak lurus ke titik  $S_c$  pada lengkung

$L_s$  = Panjang lengkung peralihan ( $T_s$ - $S_c$ / $CS$ - $ST$ )

$L_c$  = Panjang busur lingkaran

$T_s$  = Panjang titik tangent titik  $PI$  ke  $TS$

$E_s$  = Jarak  $PI$  ke busur lingkaran

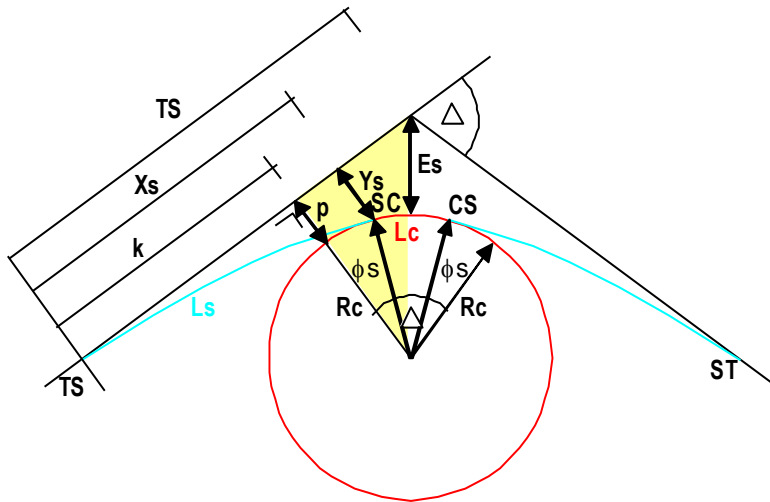
$\theta_s$  = Sudut lengkung spiral

$\Delta$  = Sudut tangent

$R_c$  = Jari-jari lingkaran

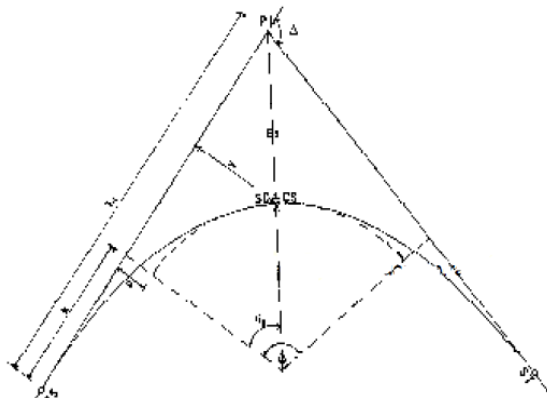
$P$  = Pergeseran tangent ke spiral

$k$  = Absis dari  $p$  pada garis tangent spiral



Gambar 2.3 Lengkung Spiral – Circle – Spiral

- Spiral-Spiral (S-S)



Gambar 2.4 Lengkung Spiral-Spiral

Untuk bentuk spiral-spiral berlaku rumus, sebagai berikut:

$$L_c = 0 \text{ dan } \theta_s = \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots 2.17$$

$$L_{tot} = 2 L_s \dots\dots\dots 2.18$$

Untuk menentukan  $\theta_s$  dapat menggunakan rumus:

$$L_s = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R_c}{90} \dots\dots\dots 2.19$$

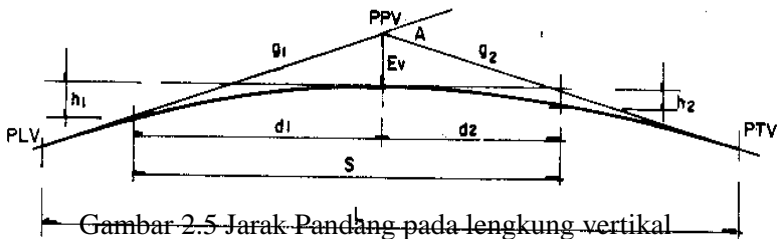
## 2.2.3 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal merupakan perpotongan pada bidang vertikal dengan bidang permukaan jalan melalui sumbu jalan. Dalam Alinyemen vertikal kelandaian diasumsikan bernilai positif (+) jika pendakian dan negatif (-) jika penurunan yang ditinjau dari kiri.

### a. Lengkung Vertikal Cembung

Pada lengkung cembung dibatasi berdasarkan jarak pandang, yakni:

Jarak pandang berada seluruhnya dalam daerah lengkung ( $S < L$ )



Gambar 2.5 Jarak Pandang pada lengkung vertikal cembung ( $S < L$ )

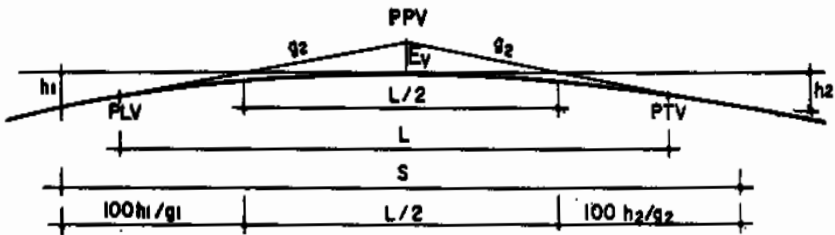
Persamaan untuk perhitungan lengkung ini sesuai dengan jarak pandang henti atau jarak pandang menyiap.

- Apabila digunakan jarak pandang henti, dimana  $h_1 = 10$  cm dan  $h_2 = 120$  cm, maka persamaan yang digunakan adalah:

$$L = \frac{AS^2}{100(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2} \dots\dots\dots 2.20$$

$$L = \frac{AS^2}{399} \dots\dots\dots 2.21$$

1. Jarak pandang berada di luar dan di dalam daerah lengkung ( $S > L$ )



Gambar 2.6 Jarak Pandang pada lengkung vertikal cembung ( $S > L$ )

Seperti halnya perhitungan lengkung cembung dengan  $S < L$  persamaan untuk perhitungan lengkung ini sesuai dengan jarak pandang henti atau jarak pandang menyiap.

- Apabila digunakan jarak pandang henti, dimana  $h_1 = 10$  cm dan  $h_2 = 120$  cm, maka persamaan yang digunakan adalah :

$$L = 2S - \frac{200(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}{A} \dots\dots\dots 2.22$$

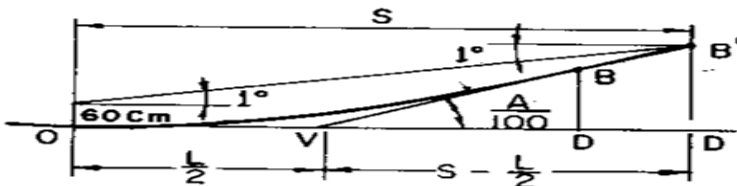
$$L = 2S - \frac{399}{A} \dots\dots\dots 2.23$$

## b. Lengkung Vertikal Cekung



Berbeda dengan lengkung vertikal cembung, lengkung vertikal cekung dipengaruhi jarak penyinaran lampu kendaraan. Pada perencanaan tinggi lampu yang digunakan adalah 60 cm dengan sudut peyebaran sinar sebesar  $1^\circ$ . Perhitungan lengkung vertikal cekung dihitung berdasarkan letak lampu dengan kendaraan dapat dibedakan dua keadaan.

1. Lengkung vertikal cekung dengan jarak penyinaran lampu depan  $S < L$

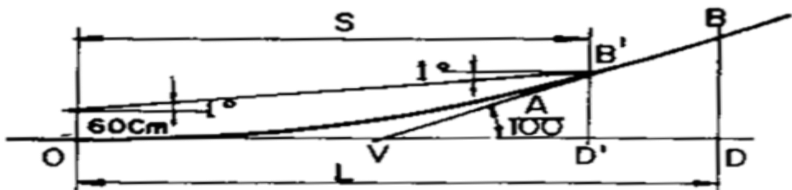


Gambar 2.7 Lengkung Vertikal Cekung dengan Jarak Pandang Penyinaran lampu depan  $S < L$

Dengan asumsi perencanaan yakni tinggi lampu 60 cm dan sudut penyebaran sinar sebesar  $1^\circ$ , maka:

$$L = \frac{AS^2}{120 + 3.50S} \quad \dots\dots\dots 2.24$$

2. Lengkung vertikal cekung dengan jarak penyinaran lampu depan  $S > L$



Gambar 2.8 Lengkung Vertikal Cekung dengan Jarak Pandang Penyinaran Lampu Depan  $S > L$

Dengan asumsi perencanaan yang sama dengan persamaan diatas, untuk hal ini maka:

$$L = 2S - \frac{120 + 3.50S}{A} \dots\dots\dots 2.25$$

**Tabel 2.7 Jarak Pandang Henti ( $J_h$ ) minimum**

<b>Vr km/jam</b>	120	100	80	60	50	40	30	20
<b>J<sub>h</sub> (m)</b>	250	175	120	75	55	40	27	16

Sumber: Tata cara Perencanaan Geometrik jalan antar kota, Hal 21 – 22

**Tabel 2.8 Jarak Pandang Mendahului ( $J_d$ )**

<b>Vr km/jam</b>	120	100	80	60	50	40	30	20
<b>J<sub>d</sub> (m)</b>	800	670	550	350	250	200	150	100

Sumber: Tata cara Perencanaan Geometrik jalan antar kota, Hal 21 – 22

### 2.2.4 Superelevasi

Nilai superelevasi yang tinggi mengurangi yang gesek ke samping dan menjadikan pengemudian pada tikungan lebih bergerak perlahan mengitari suatu tikungan lebih nyaman. Tetapi batas praktis berlaku untuk itu. Ketika superelevasi tinggi, maka bekerja gaya negatif ke samping jika pengemudi mengemudikannya ke sebelah atas lereng atau berlawanan dengan arah lengkung mendatar. Bina Marga (luar kota) menganjurkan superelevasi maksimum

10% untuk kecepatan rencana  $> 60$  km/jam sedangkan untuk jalan di dalam kota dapat dipergunakan superelevasi maksimum 6%.

### 2.2.5 Diagram Superelevasi

Diagram superelevasi menggambarkan pencapaian superelevasi dari lereng normal ke superelevasi penuh, sehingga dengan menggunakan diagram superelevasi dapat ditentukan bentuk penampang melintang pada setiap titik di lengkung horizontal.

Ada tiga cara penggambaran diagram superelevasi:

1. Profil sumbu as jalan sebagai sumbu putar.
2. Tepi dalam sebagai sumbu putar.
3. Tepi luar sebagai sumbu luar.

Pada umumnya penggambaran diagram superelevasi menggunakan cara ke satu.

- Diagram Superelevasi Full Circle

Walaupun tidak mempunyai lengkung peralihan pada Full Circle diperlukan suatu lengkung peralihan fiktif ( $L_s$ ) di mana  $\frac{3}{4}$  bagian berada pada daerah tangen, sedangkan  $\frac{1}{4}$  bagian pada busur lingkaran.

$$L_s = B \cdot e_m \cdot m \dots\dots\dots 2.26$$

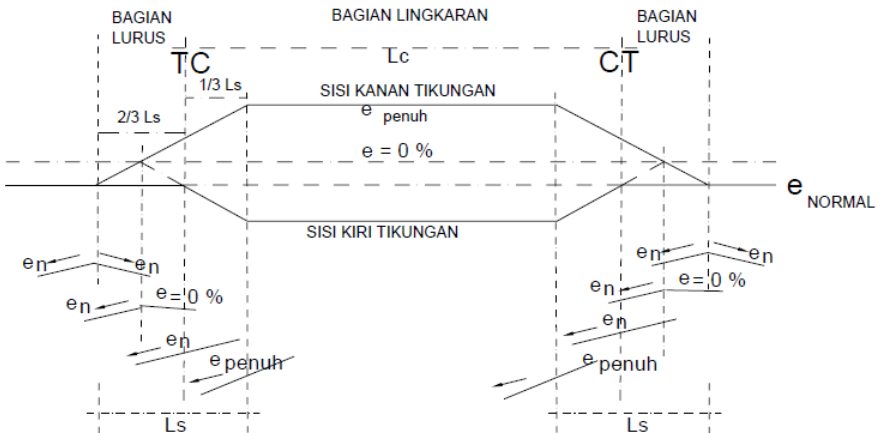
$$e_m = 10\% \frac{1}{2} \cdot B \dots\dots\dots 2.27$$

Dimana:

$B$  = Lebar perkerasan

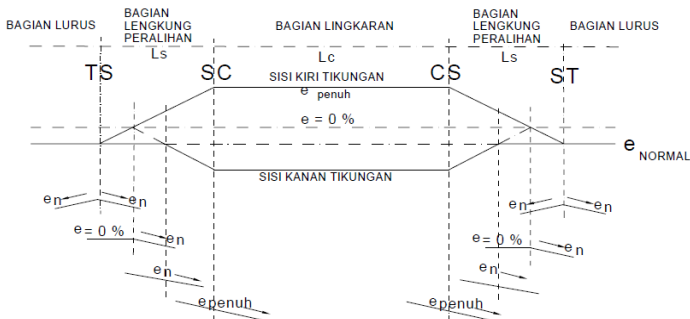
$e_m$  = kemiringan melintang maksimum relatif (10% untuk jalur luar kota)

$m$  = Landai relatif antar tepi perkerasan

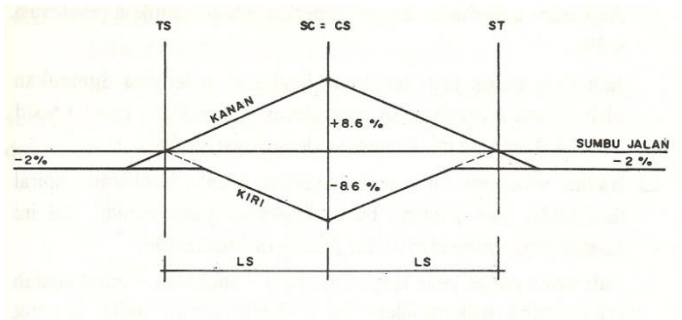


Gambar 2.9 Diagram Superelevasi Full Circle

- Diagram suuperelevasi Spiral-Circle-Spiral  
Pada sistem ini pencapaian kemiringan dari  $e_n$  ke  $e_{\text{max}}$  dilakukan pada bagian spiral.



Gambar 2.10 Diagram Superelevasi Spiral - Circle - Spiral



Gambar 2 11 Diagram Superelevasi Spiral – Spiral

### 2.2.6 Koordinasi Alinyemen dalam Perencanaan

Menurut buku Rekayasa Jalan Raya yang diterbitkan oleh Gunadarma, alinyemen horisontal dan alinyemen vertikal merupakan unsur permanen didalam perancangan geometrik jalan. Di dalam perancangan jalan, kedua unsur tersebut tidak dapat dipisahkan satu sama lain.

Rancangan alinyemen yang baik jika digabungkan dengan rancangan vertikal yang baik, tidak selalu akan menghasilkan suatu alinyemen jalan yang baik. Oleh karena itu kedua unsur ini harus dirancang secara selaras.

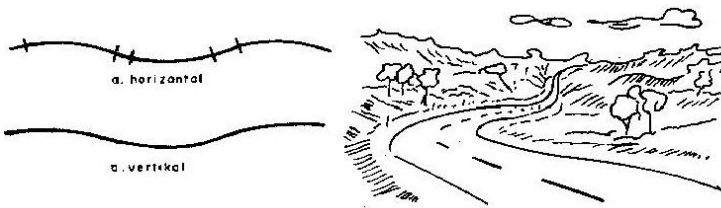
Ketidakselarasan antara rancangan alinyemen vertikal dan alinyemen horisontal ini akan berakibat pada kenampakan fisik ruas jalan, yaitu jalan akan nampak terbelit dan akan memperpendek jarak pandangan. Hal ini akan menyulitkan pengemudi dan mengurangi tingkat keselamatan.

Perlu diperhatikan alinyemen bahwa di dalam perencanaan jalan, keterpaduan kombinasi alinyemen vertikal dan horisontal ini sangat penting, karena untuk memperbaiki geometrik jalan yang sudah jadi akan sangat sulit dan memerlukan biaya yang besar.

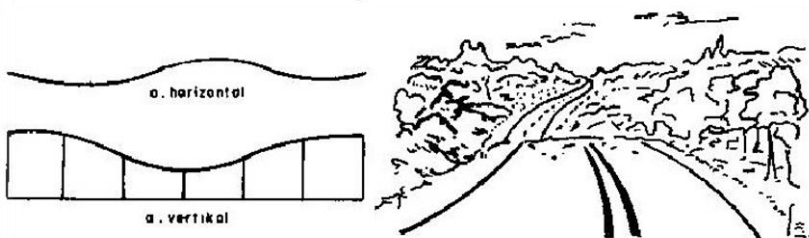
Untuk dapat memperoleh kombinasi lengkung

horizontal dan vertikal yang selaras di dalam perancangan perlu diperhatikan beberapa petunjuk di bawah ini:

1. Jika di dalam perencanaan terdapat lengkung vertikal yang berada pada daerah lengkung horizontal, maka alinyemen horizontal harus satu fase dengan alinyemen vertikal.
2. Pada bagian bawah langsung vertikal cembung dan dibagian atas lengkung vertikal cekung perlu dihindari adanya tikungan tajam.
3. Titik balik dari dua tikungan yang berurutan dan berbeda arah tidak boleh ditempatkan di bagian atas lengkung vertikal cembung dan dibagian bawah lengkung vertikal cekung.
4. Didalam satu tikungan tidak diperbolehkan ada lebih dari satu lengkung vertikal.



Gambar 2.12 Alinyemen horizontal dan vertikal satu fase



Gambat 2.13 Alinyemen horizontal dan vertikal tidak satu fase

5. Jika alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal tidak satu

fase, maka ruas jalan akan nampak terputus sehingga pengemudi akan mengalami kesulitan dalam memperkirakan bentuk jalan.

### **2.3 Perencanaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)**

Definisi dari perencanaan kaku adalah suatu susunan konstruksi perkerasan dimana lapisan atas dipergunakan pelat beton, yang terletak di atas fondasi atau langsung tanah dasar fondasi atau langsung di atas tanah dasar. Perkerasan jalan beton semen atau secara umum disebut perkerasan kaku, terdiri atas plat (slab) beton semen sebagai lapis pondasi dan lapis pondasi bawah (bisa juga tidak ada) di atas tanah dasar. Dalam konstruksi perkerasan kaku, plat beton sering disebut sebagai lapis pondasi karena dimungkinkan masih adanya lapisan aspal beton di atasnya yang berfungsi sebagai lapis permukaan.

Fungsi dari lapisan fondasi dari perkerasan kaku adalah:

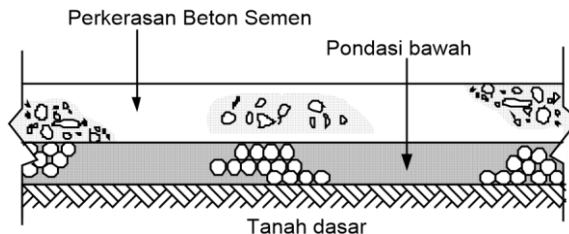
1. Menyediakan lapisan yang seragam, stabil dan permanen
  2. Menaikkan harga modulus reaksi tanah dasar menjadi modulus reaksi tanah dasar
  3. Mengurangi kerusakan akibat dari reaksi pembekuan
  4. Melindungi gejala *pumping* butiran-butiran halus tanah pada daerah sambungan, retakan dan ujung samping perkerasan
  5. Mengurangi terjadinya bahaya retak
  6. Menyediakan lantai kerja bagi alat-alat berat
- (Departemen Pekerjaan Umum : Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)).

Adapaun jenis dari perkerasan beton semen dibedakan ke dalam 4 jenis, yaitu:

1. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan
2. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan
3. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan
4. Perkerasan beton semen pra-tegang

*Sumber: DPU, Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T-14-2003*

Perkerasan beton semen adalah struktur yang terdiri atas pelat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan, terletak di atas lapis fondasi bawah atau tanah dasar, tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal.



Gambar 2.14 Tipikal Struktur Perkerasan Beton Semen

Pada perkerasan beton semen, daya dukung perkerasan terutama diperoleh dari pelat beton. Sifat, daya dukung dan keseragaman tanah dasar sangat mempengaruhi keawetan dan kekuatan perkerasan beton semen. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan adalah kadar air pemadatan, kepadatan dan perubahan kadar air selama masa pelayanan. Lapis pondasi bawah pada perkerasan beton semen adalah bukan merupakan bagian utama yang memikul beban, tetapi merupakan bagian yang berfungsi sebagai berikut:

- Mengendalikan pengaruh kembang susut tanah dasar.
- Mencegah intrusi dan pemompaan pada sambungan, retakan dan tepi-tepi pelat.
- Memberikan dukungan yang mantap dan seragam pada pelat.



- Sebagai perkerasan lantai kerja selama pelaksanaan.

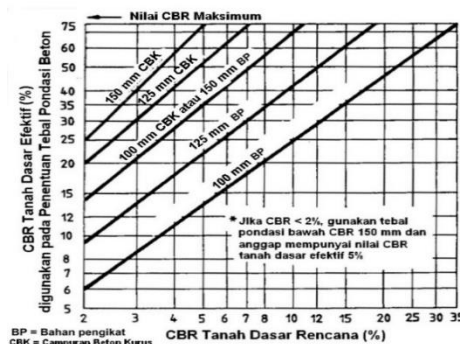
Pelat beton semen mempunyai sifat yang cukup kaku serta dapat menyebarkan beban pada bidang yang luas dan menghasilkan tegangan yang rendah pada lapisan-lapisan di bawahnya. Bila diperlukan tingkat kenyamanan yang tinggi, permukaan perkerasan beton semen dapat dilapisi dengan lapis campuran beraspal setebal 5 cm.

### 2.3.1 Perencanaan Komponen Konstruksi Perkerasan Kaku

Perencanaan tebal pelat sendiri direncanakan dengan awal umur rencana adalah 20 tahun sesuai dengan umur rencana pada umumnya. Selain menentukan juga ditentukan dari beban lalu lintas rencana, yang dianalisa berdasarkan perhitungan volume lalu lintas dan konfigurasi sumbu.

Adapun beberapa komponen yang harus diperhatikan untuk perkerasan kaku (Rigid Pavement ) adalah sebagai berikut:

#### 1. Tanah Dasar ( Subgrade )



Gambar 2.15 CBR Tanah Dasar Efektif

Tanah dasar adalah bagian dari permukaan badan jalan yang dipersiapkan untuk menerima konstruksi di atasnya yaitu konstruksi perkerasan. Tanah dasar ini berfungsi sebagai penerima beban lalu lintas yang telah disalurkan/disebarkan oleh konstruksi perkerasan. Persyaratan yang harus dipenuhi dalam penyiapan tanah dasar (subgrade) adalah lebar, kerataan, kemiringan melintang keseragaman daya dukung dan keseragaman kepadatan. Daya dukung atau kapasitas tanah dasar pada konstruksi perkerasan kaku yang umum digunakan adalah CBR dan modulus reaksi tanah dasar ( $k$ ). Pada konstruksi perkerasan kaku fungsi tanah dasar tidak terlalu menentukan, dalam arti kata bahwa perubahan besarnya daya dukung tanah dasar tidak berpengaruh terlalu besar pada nilai konstruksi (tebal) perkerasan kaku.

## 2. Lapis Pondasi ( Subbase )

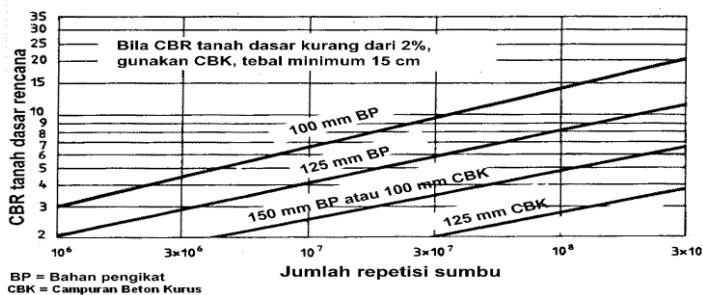
Lapis pondasi ini terletak di antara tanah dasar dan pelat beton semen mutu tinggi. Sebagai bahan subbase dapat digunakan unbound granular (sirtu) atau bound granular (CTSB, cement treated subbase). Pada umumnya fungsi lapisan ini tidak terlalu struktural, maksudnya keberadaan dari lapisan ini tidak untuk menyumbangkan nilai struktur perkerasan beton semen. Fungsi utama dari lapisan ini adalah sebagai lantai kerja yang rata dan uniform. Apabila subbase tidak rata, maka pelat beton juga tidak rata. Ketidakrataan ini dapat berpotensi sebagai crack inducer.

Bahan pondasi bawah dapat berupa:

- a. Bahan berbutir.
- b. Stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat (*Lean Rolled Concrete*)
- c. Campuran beton kurus (*Lean-Mix Concrete*).

Lapis pondasi bawah perlu diperlebar sampai 60 cm diluar tepi perkerasan beton semen. Untuk tanah ekspansif perlu pertimbangan khusus perihal jenis dan penentuan lebar lapisan pondasi dengan memperhitungkan tegangan pengembangan yang mungkin timbul. Pemasangan lapis pondasi dengan lebar sampai ke tepi luar lebar jalan merupakan salah satu cara untuk mereduksi prilaku tanah ekspansif.

Tebal lapisan pondasi minimum 10 cm yang paling sedikit mempunyai mutu sesuai dengan SNI No. 03-6388-2000 dan AASHTO M-155 serta SNI 03-1743-1989. Bila direncanakan perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji, pondasi bawah harus menggunakan campuran beton kurus (CBK).



Gambar 2.16 Tebal pondasi bawah minimum untuk perkerasan beton semen

### 3. Beton Semen

Kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexural strength*) umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan pembebanan tiga titik (ASTM C-78) yang besarnya secara tipikal sekitar 3 - 5 MPa (30-50 kg/cm<sup>2</sup>). Kuat tarik lentur beton yang diperkuat dengan bahan serat penguat seperti serat baja, aramit atau serat karbon, harus mencapai kuat tarik lentur 5 – 5,5 MPa (50-55 kg/cm<sup>2</sup>). Kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25 MPa (2,5 kg/cm<sup>2</sup>) terdekat. Semen yang akan digunakan untuk pekerjaan beton harus dipilih dan sesuai dengan lingkungan dimana perkerasan akan dilaksanakan.

### 4. Tulangan

Pada perkerasan beton semen terdapat dua jenis tulangan, yaitu tulangan pada pelat beton untuk memperkuat pelat beton tersebut dan tulangan sambungan untuk menyambung kembali bagian – bagian pelat beton yang telah terputus (diputus). Kedua tulangan tersebut memiliki bentuk, lokasi serta fungsi yang berbeda satu sama lain. Adapun tulangan tersebut antara lain:

#### 1) Tulangan Pelat

Tulangan pelat pada perkerasan beton semen mempunyai bentuk, lokasi dan fungsi yang berbeda dengan tulangan pelat pada konstruksi beton yang lain seperti gedung, balok dan sebagainya. Adapun karakteristik dari tulangan pelat pada perkerasan beton semen adalah sebagai berikut :

- Bentuk tulangan pada umumnya berupa lembaran atau gulungan. Pada pelaksanaan di lapangan tulangan yang berbentuk lembaran lebih baik daripada tulangan yang berbentuk gulungan. Kedua bentuk tulangan ini dibuat oleh pabrik.

- Lokasi tulangan pelat beton terletak  $\frac{1}{4}$  tebal pelat di sebelah atas.
- Fungsi dari tulangan beton ini yaitu untuk “memegang beton” agar tidak retak (retak beton tidak terbuka), bukan untuk menahan momen ataupun gaya lintang. Oleh karena itu tulangan pelat beton tidak mengurangi tebal perkerasan beton semen.

## 2) Tulangan Sambungan

Tulangan sambungan ada dua macam yaitu tulangan sambungan arah melintang dan arah memanjang. Sambungan melintang merupakan sambungan untuk mengakomodir kembang susut ke arah memanjang pelat. Sedangkan tulangan sambungan memanjang merupakan sambungan untuk mengakomodir gerakan lenting pelat beton.

Adapun ciri dan fungsi dari masing-masing tulangan sambungan adalah sebagai berikut:

### a. Tulangan Sambungan Melintang

- Tulangan sambungan melintang disebut juga dowel
- Berfungsi sebagai ‘sliding device’ dan ‘load transfer device’.
- Berbentuk polos, bekas potongan rapi dan berukuran besar.
- Satu sisi dari tulangan melekat pada pelat beton, sedangkan satu sisi yang lain tidak lekat pada pelat beton
- Lokasi di tengah tebal pelat dan sejajar dengan sumbu jalan.

### b. Tulangan Sambungan Memanjang

- Tulangan sambungan memanjang disebut juga Tie Bar.

- Berfungsi sebagai unsliding devices dan rotation devices.
- Berbentuk deformed / ulir dan berbentuk kecil.
- Lekat di kedua sisi pelat beton.
- Lokasi di tengah tebal pelat beton dan tegak lurus sumbu jalan.
- Luas tulangan memanjang dihitung dengan rumus seperti pada tulangan melintang.

#### 5. Sambungan atau Joint

Fungsi dari sambungan atau joint adalah mengendalikan atau mengarahkan retak pelat beton akibat shrinkage (susut) maupun wrapping (lenting) agar teratur baik bentuk maupun lokasinya sesuai yang kita kehendaki (sesuai desain). Dengan terkontrolnya retak tersebut, maka retak akan tepat terjadi pada lokasi yang teratur dimana pada lokasi tersebut telah kita beri tulangan sambungan. Pada sambungan melintang terdapat 2 jenis sambungan yaitu sambungan susut dan sambungan lenting. Sambungan susut diadakan dengan cara memasang bekisting melintang dan dowel antara pelat pengecoran sebelumnya dan pengecoran berikutnya. Sedangkan sambungan lenting diadakan dengan cara memasang bekisting memanjang dan tie bar.

Pada setiap celah sambungan harus diisi dengan joint sealent dari bahan khusus yang bersifat thermoplastic antara lain rubber asphalt, coal tars ataupun rubber tars. Sebelum joint sealent dicor/dituang, maka celah harus dibersihkan terlebih dahulu dari segala kotoran.

#### 6. Bahu

Bahu Jalan adalah jalur yang terletak berdampingan dengan jalur lalu lintas biasanya berada di pinggir sebelah kiri dari masing-masing jalur lalu lintas. Bahu jalan ini berfungsi sebagai:

- a. Ruang untuk tempat berhenti sementara kendaraan yang mogok atau yang sekedar berhenti karena pengemudi ingin berorientasi mengenai jurusan yang akan ditempuh atau ingin istirahat karena lelah mengantuk.
- b. Ruang untuk menghindarkan diri dari saat-saat darurat, sehingga dapat mencegah terjadinya kecelakaan.
- c. Memberikan kelegaan pada pengemudi sehingga dapat meningkatkan kapasitas jalan yang bersangkutan.
- d. Memberikan dukungan pada konstruksi perkerasan jalan dari arah samping.
- e. Ruang pembantu pada saat mengadakan perbaikan atau pemeliharaan jalan (untuk tempat penempatan alat-alat dan penimbunan bahan material).
- f. Ruang untuk lintasan kendaraan-kendaraan patroli, ambulans, yang sangat dibutuhkan pada saat keadaan darurat seperti terjadinya kecelakaan lalu lintas.

Berdasarkan tipe perkerasannya, bahu jalan dapat dibedakan atas:

- a. Bahu yang tidak diperkeras, yaitu bahu jalan yang hanya dibuat dari material perkerasan jalan tanpa bahan pengikat. Umumnya digunakan material agregat bercampur sedikit lempung. Bahu yang tidak diperkeras ini diperuntukkan pada daerah-daerah yang tidak terlalu penting dimana kendaraan yang berhenti dan yang menggunakan bahu jalan sangat sedikit jumlahnya.
- b. Bahu yang diperkeras, yaitu bahu jalan yang dibuat dengan menggunakan bahan pengikat sehingga lapisan

tersebut lebih kedap air dibandingkan dengan bahu yang tidak diperkeras. Bahu jenis ini diperuntukkan pada jalan-jalan dimana kendaraan yang berhenti dan yang memakai bahu jalan ini sangat besar jumlahnya, seperti di sepanjang jalan tol, di sepanjang jalan arteri.

Berdasarkan letaknya terhadap arah arus lalu lintas, bahu jalan dapat dibedakan atas:

- a. Bahu kiri/bahu luar (*Left/Outer shoulder*) adalah bahu jalan yang terletak di tepi sebelah kiri dari jalur lalu lintas.
- b. Bahu kanan/bahu dalam (*Right/Inner shoulder*) adalah bahu jalan yang terletak di tepi sebelah kanan dari jalur lalu lintas.

Lebar bahu jalan sangat dipengaruhi oleh fungsi jalan, volume lalu lintas, hambatan sampling/kegiatan disekitar jalan, ada atau tidak adanya trotoar, biaya yang tersedia untuk pembebasan tanah dan biaya konstruksi. Pada umumnya lebar bahu jalan bervariasi antara 0,5 - 2,5 meter.

### **2.3.2 Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Kaku**

#### **1. Umur Rencana**

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu-lintas serta nilai ekonomi jalan yang bersangkutan, yang dapat ditentukan antara lain dengan metode Benefit Cost Ratio, Internal Rate of Return, kombinasi dari metode tersebut atau cara lain yang tidak terlepas dari pola pengembangan wilayah. Umumnya perkerasan beton semen dapat direncanakan dengan umur rencana (UR) 20 tahun sampai 40 tahun.



## 2. Lalu Lintas Rencana

Lalu lintas dianalisa berdasarkan hasil perhitungan dari volume lalu lintas dan konfigurasi sumbu yang ada pada kendaraan. Adapun karakteristik kendaraan yang ditinjau yaitu:

- Jenis kendaraan  
Untuk keperluan perencanaan perkerasan kaku hanya diperbolehkan dibebani minimum 5 ton untuk kendaraan jenis niaga.
- Konfigurasi sumbu
  1. Sumbu tunggal dengan roda tunggal (STRT)
  2. Sumbu tunggal dengan roda ganda (STRG)
  3. Sumbu tandem dengan roda ganda (STdRG)
  4. Sumbu tridem dengan roda ganda (STrRG)

Adapun langkah-langkah perhitungan data lalu lintas sebagai input data untuk perencanaan tebal perkerasan kaku adalah sebagai berikut:

- a. Menghitung volume lalu lintas (LHR) yang diperkirakan akan menggunakan jalan tersebut pada akhir umur rencana.
- b. Menghitung jumlah kendaraan niaga (JKN) selama umur rencana (n):

$$\text{JSKN} = 365 \times \text{JSKNH} \times R \times C \dots\dots\dots 2.26$$

Dimana :

JSKN = Jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana

JSKNH = Jumlah total sumbu kendaraan niaga per hari pada saat jalan dibuka.

C = Koefisien distribusi kendaraan

R = Faktor pertumbuhan kumulatif dari rumus 2.27 atau tabel 2.3.1, yang besarnya tergantung dari

pertumbuhan lalu lintas tahunan dan umur rencana.

$$R = \frac{(1+i)^{UR} - 1}{i} \dots\dots\dots 2.27$$

Dengan,  $i \neq 0$

Tabel 2.9 Faktor pertumbuhan lalu-lintas (R)

Umur Rencana (Tahun)	Laju Pertumbuhan (i) per tahun (%)					
	0	2	4	6	8	10
5	5	5,2	5,4	5,6	5,8	6,1
10	10	10,9	12	13,2	14,5	15,9
15	15	17,3	20	23,3	27,2	31,8
20	20	24,3	29,8	36,8	45,8	57,3
25	25	32	41,6	54,9	73,1	98,3
30	30	40,6	56,1	79,1	113,3	164,5
35	35	50	73,7	111,4	172,3	271
40	40	60,4	95	154,8	259,1	442,6

Sumber: *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen: Pd-T 14 2003*

Dengan,  $i$  dapat dicari dengan menggunakan metode regresi linier.

$$i = \frac{LHR_2 - LHR_1}{LHR_1} \dots\dots\dots 2.28$$

Dan pertumbuhan lalu lintas kendaraan rata-rata ( $i_{rt}$ ):

$$i_{rt} = \left( \frac{\sum i}{n} \right) \dots\dots\dots 2.29$$

- c. Menghitung prosentase masing-masing kombinasi konfigurasi beban sumbu terhadap jumlah sumbu kendaraan niaga harian (JSKNH)
- d. Menghitung jumlah repetisi kumulatif tiap – tiap kombinasi konfigurasi beban sumbu pada lajur

rencana dengan cara mengalikan JSKN dengan persentase tiap-tiap kombinasi terhadap JSKNH dan koefisien distribusi lajur rencana seperti terlihat pada tabel berikut:

**Tabel 2.0.1 Koefisien Distribusi Lajur Rencana**

*Sumber: Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen: Pd-T 14 2003*

Sebagai besaran rencana beban sumbu untuk setiap konfigurasi harus dikalikan dengan faktor keamanan (FK) seperti terlihat pada tabel di bawah ini:

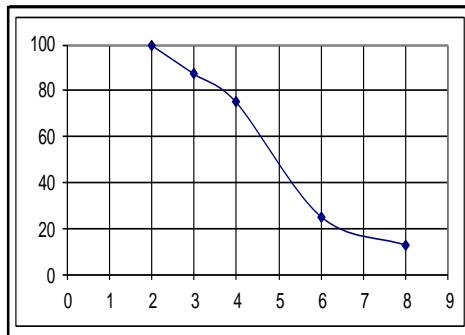
**Tabel 2.10 Faktor Keamanan**

Peranan Jalan	Faktor Keamanan
Jalan Tol	1,2
Jalan Arteri	1,4
Jalan Kolektor/Lokal	1,0

*Sumber: Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen: Pd-T 14 2003*

### 3. Kekuatan Tanah Dasar

Kekuatan tanah dasar dinyatakan dalam modulus reaksi tanah dasar ( $k$ ). Nilai  $k$  diperoleh dari hasil korelasi dengan CBR. Nilai CBR yang direndam digunakan untuk perencanaan nantinya.



Gambar 2.17 Grafik Penentuan Harga CBR

### 2.3.3 Perencanaan Tulangan Untuk Perkerasan Kaku Secara Umum

Tujuan dari penulangan diantaranya:

1. Membatasi lebar retakan, agar kekuatan pelat tetap dapat dipertahankan
2. Memungkinkan penggunaan pelat yang lebih panjang agar dapat mengurangi jumlah sambungan melintang sehingga dapat meningkatkan kenyamanan
3. Mengurangi biaya pemeliharaan

- Penulangan pelat pada perkerasan beton bersambung dengan tulangan

Luas penulangan pada perkerasan ini dihitung dengan persamaan:

$$A_s = \frac{\mu \times L \times M \times g \times h}{2 \times f_s} \dots\dots\dots 2.30$$

Sumber: Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen: Pd-T 14 2003

Dimana:

$A_s$  = Luas tulangan yang diperlukan ( $\text{mm}^2$ )

$\mu$  = Koefisien gesek antara pelat dan lapis fondasi

- L = Jarak antar sambungan (mm)  
 M = Berat per satuan luas volume pelat ( $\text{kg/m}^3$ )  
 g = Gravitasi ( $\text{m/detik}^2$ )  
 h = Tebal pelat beton (m)  
 fs = Kuat tarik jin beton (MPa)

Adapun nilai  $\mu$  dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 2.11 Koefisien Gesekan Antara Pelat Beton Dengan Lapis Pondasi**

No.	Lapis pemecah ikatan	Koefisien gesekan ( $\mu$ )
1	Lapis resap ikat aspal di atas permukaan pondasi bawah	1,0
2	Laburan parafin tipis pemecah ikat	1,5
3	Karet kompon ( <i>A chlorinated rubber curing compound</i> )	2,0

Sumber: *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen: Pd-T 14 2003*

Untuk panjang pelat  $\leq 13$  m, luas tulangan yang diambil 0,1% dari luas penampang beton atau 0,14% menurut SNI 1991.

Dalam perencanaan peningkatan ruas jalan Turen – Bts. Kab. Lumajang Sta 23+000 – 26+000 ini direncanakan memakai perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan.

### 2.3.4 Prosedur Perencanaan Perkerasan Kaku

Prosedur perencanaan perkerasan beton semen didasarkan atas dua model kerusakan yaitu:

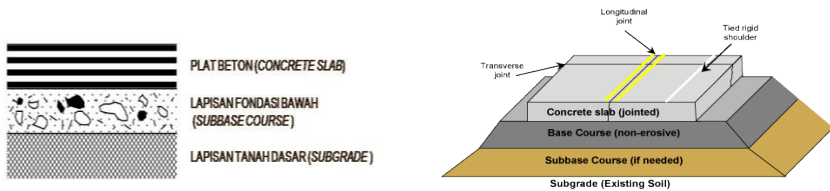
1. Retak fatik (lelah) tarik lentur pada pelat.

2. Erosi pada pondasi bawah atau tanah dasar yang diakibatkan oleh lendutan berulang pada sambungan dan tempat retak yang direncanakan.

Tebal pelat taksiran dipilih dan total fatik serta kerusakan erosi dihitung berdasarkan komposisi lalu-lintas selama umur rencana. Jika kerusakan fatik atau erosi lebih dari 100%, tebal taksiran dinaikan dan proses perencanaan diulangi. Tebal rencana adalah tebal taksiran yang paling kecil yang mempunyai total fatik dan atau total kerusakan erosi lebih kecil atau sama dengan 100%.

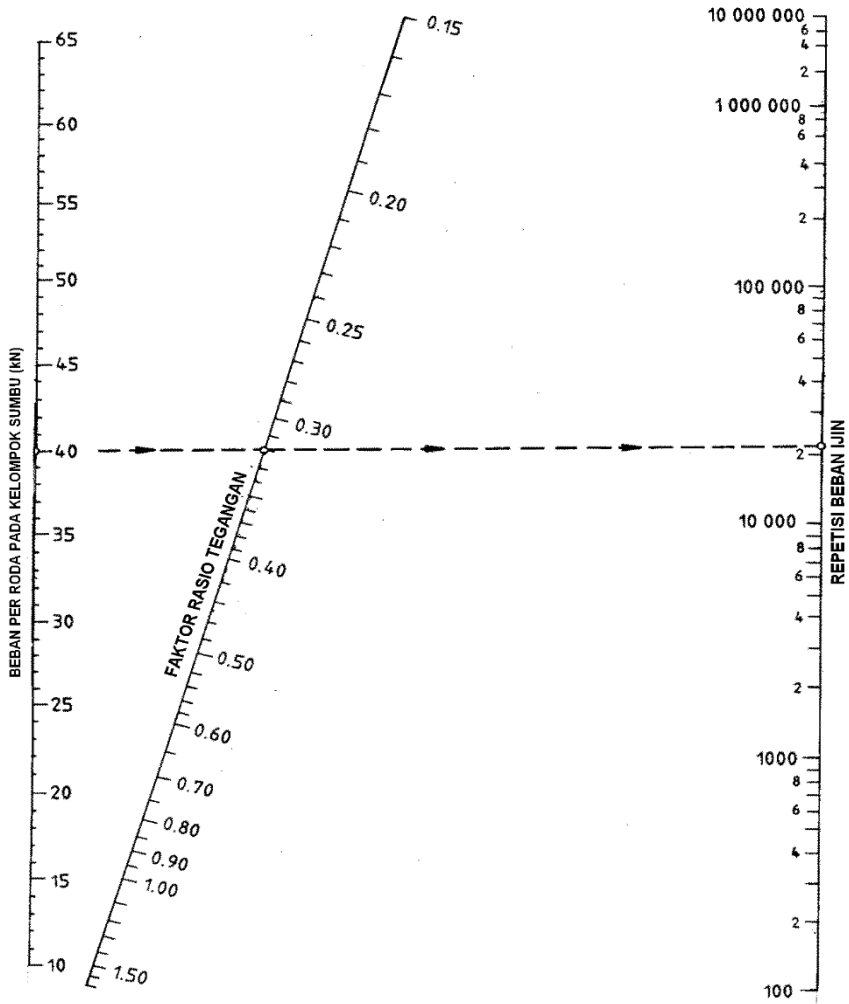
Langkah-langkah dalam perencanaan tebal pelat adalah sebagai berikut:

1. Pilih jenis perkerasan beton semen, bersambung tanpa tulangan, bersambung dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan.
2. Pilih kuat tarik lentur atau kuat tekan beton pada umur 28 hari.
3. Taksir tebal pelat beton dengan Tebal minimum pelat untuk perkerasan kaku adalah 150 mm.
4. Untuk setiap kombinasi konfigurasi dan beban sumbu suatu harga  $k$  tertentu, maka:
  - Tegangan lentur yang terjadi pada pelat beton ditentukan dengan menggunakan nomogram korelasi beban sumbu dan harga  $k$ .
  - Perbandingan tegangan dihitung dengan membagi tegangan lentur yang terjadi pada pelat dengan kuat lentur tarik beton
  - Jumlah pengulangan beban yang diijinkan ditentukan dengan perbandingan tegangan berikut:



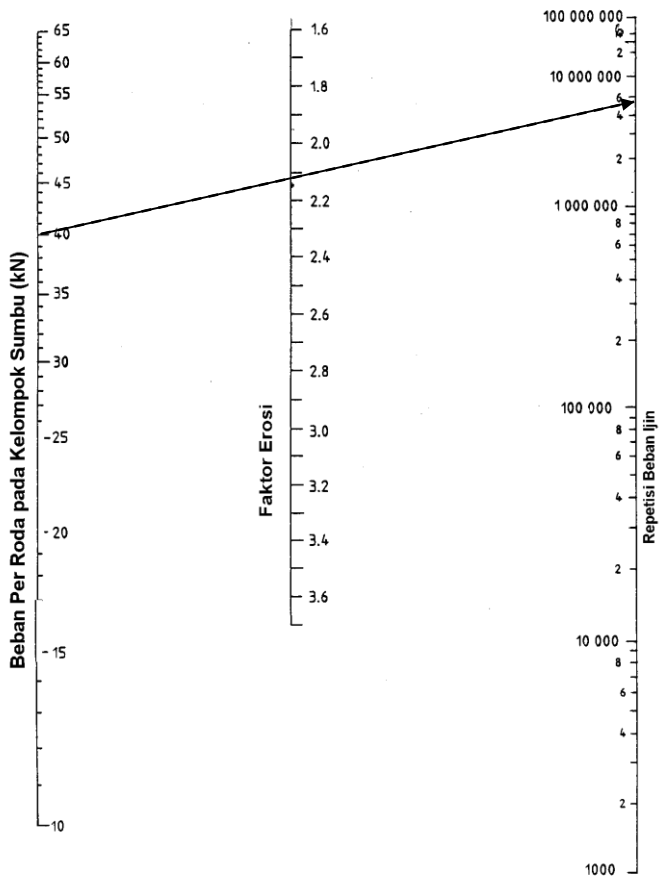
Gambar 2.18 Rencana Pelat Beton Pada Perkerasan Kaku

- Persentase fatigue untuk tiap-tiap kombinasi/beban sumbu ditentukan dengan membagi jumlah pengulangan beban rencana dengan jumlah pengulangan beban yang diijinkan
5. Mencari total fatigue dengan menjumlahkan persentase fatigue dari seluruh kombinasi konfigurasi beban sumbu.
  6. Langkah-langkah 1 sampai 3 diulang hingga didapatkan tebal pelat terkecil dengan total fatigue yang lebih kecil atau sama dengan 100%.

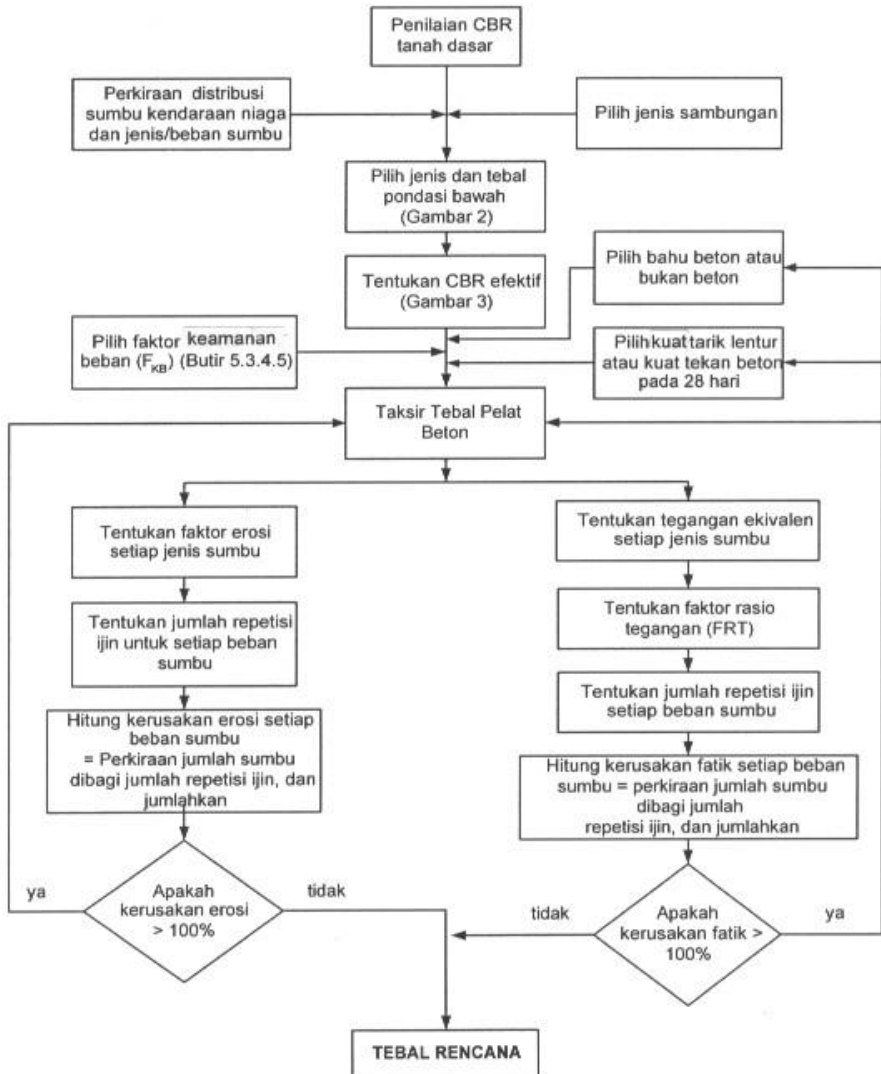


Gambar 2.19 Analisis fatik dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, dengan /tanpa bahu beton





Gambar 2 20 Analisis erosi dan jumlah repetisi beban berdasarkan faktor erosi, dengan bahu beton



Gambar 2.21 Prosedur Perencanaan Tebal Pelat

## 2.4 Perencanaan Drainase Untuk Saluran Tepi

Saluran drainase jalan merupakan saluran yang dibuat di tepi jalan yang berfungsi menampung serta mengalirkan air dari permukaan jalan dan daerah sekitar jalan yang masih terdapat pada suatu catchment area. Dua hal pokok yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan sistem drainase untuk jalan raya, yaitu:

- Drainase permukaan
- Drainase bawah permukaan

Adanya drainase permukaan dimaksud untuk menampung, mengalirkan dan membuang air hujan yang jatuh di permukaan perkerasan jalan agar tidak merusak konstruksi jalan yang ada. Fungsi dari drainase adalah:

1. Menjaga agar permukaan jalan selalu tampak kering terhadap air.
2. Menjaga kestabilan bahu jalan yang disebabkan oleh erosi.

Permukaan yang baik pada perkerasan maupun *drainase* dibuat miring dengan tujuan agar air hujan dapat mengalir dari perkerasan jalan.

**Tabel 2.12 Kemiringan melintang dan perkerasan bahu jalan.**

No.	Jenis Lapis Permukaan	Kemiringan Melintang Normal (i)
1.	Beraspal, beton	2% -3%
2.	Japat dan Tanah	4% -6%
3.	Kerikil	3% -6%
4.	Tanah	4% -6%

Sumber: Tata cara perencanaan drainase permukaan jalan SNI 03-3424-1994 hal 5

Sedangkan kemiringan selokan samping ditentukan berdasarkan bahan yang digunakan. Hubungan antara bahan yang digunakan dengan kemiringan selokan samping arah memanjang yang dikaitkan erosi aliran, dapat dilihat di tabel 2.13.

**Tabel 2.13 Hubungan kemiringan selokan samping dan jenis material**

Jenis Material	Kemiringan Selokan Samping
Tanah Asli	0-5
Kerikil	5-7,5
Pasangan	7,5

Sumber: Tata cara perencanaan drainase permukaan jalan SNI 03-3424-1994 hal 7

### 2.4.1 Analisa Data-data Hidrologi

Ada beberapa hal yang perlu diperhitungkan pada analisa hidrologi:

a. Data Curah Hujan

Data curah hujan yang dipakai dalam perencanaan jalan system drainase jalan adalah data curah hujan harian maksimum dalam setahun yang dinyatakan dalam mm/hari. Data curah hujan ini diperoleh dari stasiun curah hujan yang terdekat dengan lokasi system drainase, jumlah data curah hujan paling sedikit diperkirakan sekitar 10 tahun.

b. Periode Ulang

Karakteristik hujan tertentu menunjukkan periode ulang tertentu pula. Dalam merencanakan drainase periode ulang rencana untuk selokan samping ditentukan 5 tahun.

$$RT = x_{rata-rata} + K Sx \dots\dots\dots 2.31$$

Dimana:

RT = Frekwensi hujan pada periode ulang  
(Tahun)

$x_{rata-rata}$  = Tinggi hujan maksimum kumulatif rata-rata

Sx = Standart deviasi

**Tabel 2.14 Nilai (K) sesuai lama pengamatan**

T	YT	Lama Pengamatan (tahun)				
		10	15	20	25	30
2	0.3665	-0.1355	-0.1434	-0.1478	-0.1506	-0.1526
5	1.4999	1.0580	0.9672	0.9186	0.8878	0.8663
10	2.2502	1.8482	1.7023	1.6246	1.5752	1.5408
20	2.9702	2.6064	2.4078	2.3020	2.2348	2.1881
25	3.1985	2.8468	2.6315	2.5168	2.4440	2.3933
50	3.9019	3.5875	3.3207	3.1787	3.0884	3.0256
100	4.6001	4.3228	4.0048	3.8356	3.7281	3.6533

Sumber: *Perencanaan Teknik Jalan Raya*, Shirley L. Hendarsin hal 270

c. Waktu Curah Hujan

Lamanya waktu curah hujan ditentukan berdasarkan hasil penyelidikan *Van Breen* bahwa hujan harian yang terkonsentrasi selama 4 jam dengan jumlah hujan terbesar 90% dari jumlah hujan selama 24 jam.

d. Intensitas Curah Hujan

Untuk mendapatkan tinggi hujan rencana dengan masa ulang T tahun dapat ditentukan dengan rumus (SNI 03-342-1994 hal 12 dan 39)

$$X_t = \bar{x} + \frac{S_x}{S_n} (Y_t - Y_n) \dots\dots\dots 2.32$$

Dimana:

Xt = Besar Curah hujan untuk periode ulang T tahun  
(mm/jam)

Sx = Standard deviasi

$X_t$  = Besar curah hujan untuk periode ulang  $T$  tahun (mm/jam)

$\bar{X}$  = Tinggi hujan maksimum

$\bar{x}$  = Tinggi hujan maksimum komulatif rata-rata

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \dots\dots\dots 2.33$$

Keterangan:

$X_i$  = curah hujan harian maximum (mm)

$n$  = jumlah tahun curah hujan harian

$Y_t$  = Variasi yang merupakan fungsi periode ulang

**Tabel 2.15 Periode Ulang**

Periode Ulang (Tahun)	Variasi yang Berkurang
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001

Sumber: Tata cara perencanaan drainase jalan SNI 03-3424-1994 hal 6

$Y_n$  dapat ditentukan menggunakan tabel dibawah ini.

**Tabel 2.16 Nilai  $Y_n$**

n	0	1	2	3	4	5	6
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5126	0,5157
20	0,5225	0,5252	0,5288	0,5283	0,5255	0,5309	0,5320
30	0,5352	0,5371	0,5380	0,5388	0,5402	0,5402	0,5410
40	0,5435	0,5422	0,5448	0,5453	0,5458	0,5453	0,5468
50	0,5485	0,5485	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508
60	0,5521	0,5534	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538
70	0,5548	0,5552	0,5555	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561

80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580
90	0,5566	0,5589	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595

Sumber: Tata cara perencanaan drainase jalan SNI 03-3424-1994 hal 16

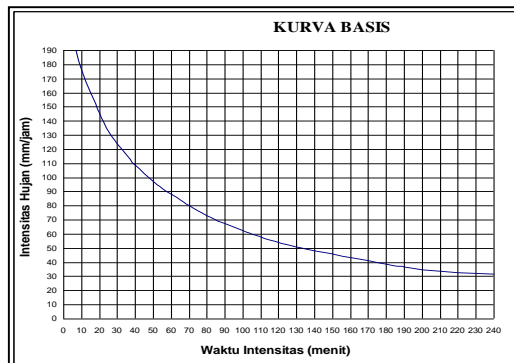
Nilai Sn dapat ditentukan menggunakan tabel dibawah ini.

**Tabel 2.17 Nilai Sn**

n	0	1	2	3	4	5	6
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316
20	0,0628	1,0695	1,0695	1,0811	1,0854	1,0915	1,0961
30	0,1124	1,1199	1,1199	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313
40	0,1413	1,1435	1,1435	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538
50	0,1607	1,1523	1,1523	1,1558	1,1557	1,1581	1,1596
60	0,1747	1,1759	1,1759	1,1782	1,1782	1,1803	1,1814
70	0,1899	1,1653	1,1653	1,1681	1,1690	1,1698	1,1906
80	0,1938	1,1945	1,1945	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980
90	0,2007	1,2013	1,2020	1,2025	1,2032	1,2038	1,2044

Sumber: Tata cara perencanaan drainase jalan SNI 03-3424-1994 hal 16

Setelah memperoleh nilai I dari persamaan di atas, maka diplot pada kurva basis sehingga didapatkan kurva I rencana.



**Gambar 2.22 Kurva Basis**

e. Waktu konsentrasi ( $T_c$ )

Waktu konsentrasi adalah lama waktu yang dibutuhkan oleh aliran air untuk dapat mencapai suatu titik tertentu pada saluran drainase. waktu konsentrasi dipengaruhi oleh kemiringan sakeluran, kecepatan aliran dan kondisi permukaan saluran. dari ketiga hal tersebut, perhitungan waktu konsentrasi dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$T_c = t_1 + t_2 \dots\dots\dots 2.34$$

Dimana:

$$t_1 = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times L_o \frac{nd}{\sqrt{s}} \right)^{0.167} \dots\dots\dots 2.35$$

$$t_2 = \frac{L}{60V} \dots\dots\dots 2.36$$

Keterangan:

$T_c$  = Waktu konsentrasi (menit)

$T_1$  = Waktu inet (menit)

$T_2$  = Waktu aliran (menit)

$L_o$  = Jarak dari titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

$L$  = Panjang Saluran (m)

$N_d$  = Koefesien hambatan

$S$  = Kemiringan daerah pengaliran

$V$  = Kecepatan air rata-rata diselokan (m/dt)

## f. Luas Daerah Pengaliran

Luas daerah pengaliran batasnya tergantung dari daerah pembebasan dan daerah sekelilingnya:

$$L = L_1 + L_2 + L_3 \dots\dots\dots 2.37$$

$$A = L(L_1 + L_2 + L_3) \dots\dots\dots 2.38$$

Dimana:

$L$  = Batas daerah pengaliran yang diperhitungkan



- L1 = Ditetapkan dari as jalan bagian tepi perkerasan  
 L2 = Ditetapkan dari tepi perkerasan yang ada sampai bahu jalan  
 L3 = Tergantung dari keadaan daerah setempat dan panjang maximum 100 m  
 A = Luas daerah pengaliran

g. Intensitas Hujan Maksimum

Untuk mendapatkan intensitas hujan maksimum maka hasil perhitungan waktu konsentrasi diplotkan pada kurva basis rencana.

h. Menentukan Koefesien Pengaliran

Aliran yang masuk kedalam saluran drainase berasal dari suatu catchment area disekitar saluran drainase untuk menentukan koefesien pengaliran dipergunakan persamaan:

$$C = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + C_3 A_3 + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots} \dots\dots\dots 2.39$$

Dimana:

- C1, C2, C3 = Koefesien pengaliran yang sesuai dengan tipe kondisi permukaan  
 A1, A2, A3 = Luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan kondisi permukaan.

i. Debit Aliran

Debit aliran air adalah jumlah air yang mengalir masuk kedalam saluran tepi.dari keseluruhan analisa hidrologi di atas, maka debit air yang melalui saluran drainase dapat dihitunengan persamaan:

$$Q = \frac{1}{3,6} \times C \times I \times A \dots\dots\dots 2.40$$

Dimana:

- Q = Debit air (m/detik)

- C = Koefisien pengaliran  
 I = Intensitas hujan (mm/jam)  
 A = Luas daerah pengaliran (km<sup>2</sup>)

**Tabel 2.18 Hubungan kondisi permukaan tanah dan koefisien pengaliran**

No.	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)
1.	Jalan beton dan jalan beraspal	0,70 – 0,95
2.	Jalan kerikil dan jalan tanah	0,40 – 0,70
3.	Bahu :	
	- Tanah berbutir halus	0,40 – 0,65
	- Tanah berbutir kasar	0,10 – 0,20
	- Batuan masif keras	0,70 – 0,85
		0,60 – 0,75
4.	- Batuan masif lunak	0,70 – 0,95
5.	Daerah Perkotaan	0,60 – 0,70
6.	Daerah pinggir kota	0,60 – 0,90
7.	Daerah Industri	0,40 – 0,60
8.	Pemukiman Padat	0,40 – 0,60
9.	Pemukiman tidak padat	0,20 – 0,40
10.	Taman dan kebun	0,45 – 0,60
11.	Persawahan	0,70 – 0,80
12.	Perbukitan	0,75 – 0,90
	Pegunungan	

Sumber: Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan SNI 03-3424-1994 hal 9

## 2.4.2 Perencanaan Saluran Tepi

Saluran tepi diperhitungkan sedemikian sehingga mampu untuk:

- Menampung dan mengalirkan air (hujan) yang berasal dari permukaan perkerasan jalan.

- b. Menampung dan mengalirkan air (hujan) yang berasal dari permukaan penguasaan jalan.

Bentuk saluran tepi dipilih berdasarkan pertimbangan antara lain:

- Kondisi tanah dasar
- Kecepatan aliran
- Dalamnya kedudukan air tanah

Pada umumnya saluran tepi dibuat mengikuti kelandaian jalan. Pada keadaan dimana bagian bagian jalan mempunyai alinyemen vertikal yang tajam ( $\text{grade} \geq 5\%$ ) maka kecepatan aliran pada saluran tepi (dengan  $\text{grade} \pm 5\%$ ) akan menjadi besar. Untuk menghindari tergerusnya saluran tepi dibuat dari pasangan batu. Yang perlu diperhatikan dalam perencanaan saluran tepi adalah:

- Kecepatan aliran dalam saluran tepi tidak boleh terlalu besar sebab akan menyebabkan penggerusan.
- Sebaliknya kecepatan aliran pun tidak boleh terlalu kecil sebab akan menyebabkan pengendapan pada dasar saluran tepi.

- a. Kemiringan saluran

Kemiringan tanah ditempat dibuat saluran dengan ditentukannya dari hasil pengukuran di lapangan dan dihitung dengan rumus:

Rumus kemiringan lapangan:

$$i = \frac{t_1 - t_2}{L} \times 100\% \dots\dots\dots 2.41$$

Rumus kemiringan secara perhitungan:

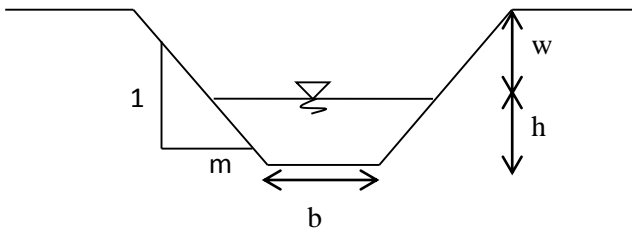
$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots 2.42$$

$$i = \left( \frac{V \times n}{R^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \dots\dots\dots 2.43$$

Dimana:

- $i$  = Kemiringan yang diizinkan  
 $t_1$  = Tinggi tanah di bagian tertinggi  
 $t_2$  = Tinggi tanah di bagian terendah  
 $V$  = Kecepatan aliran (m/detik)  
 $n$  = Koefesien kekerasan Manning  
 $R = \frac{A}{P}$  = Jari- Jari Hidrolik  
 $F$  = Luas penampang basah ( $m^2$ )  
 $P$  = Keliling basah (m)

b. Penentuan dimensi saluran tepi



Gambar 2 23 Penampang Saluran Tepi Tipe Trapesium (FD)

Kemiringan talud ( $z$ ) pada penampang saluran tepi tipe trapesium bergantung pada besarnya debit aliran yang dapat ditampung.

**Tabel 2.19 Kemiringan talud berdasarkan debit**

No.	Debit air, Q (m <sup>3</sup> /detik)	Kemiringan talud (1:m)
1.	0,00 – 0,75	1 : 1
2.	0,75 – 15,00	1 : 1,5
3.	15,00 – 80,00	1 : 2

Sumber: *Perencanaan Sistem Drainase Jalan Pd T-02-2006-B hal. 19*

Luas penampang saluran tepi tipe trapesium (FD) dapat dihitung dengan rumus:

$$Q = V \times Fd \dots\dots\dots 2.44$$

$$FD = \frac{Q}{V} \dots\dots\dots 2.45$$

Dimana,

Q = Debit aliran (m<sup>3</sup>/detik)

V = Kecepatan aliran (m/detik)

FD = Luas penampang saluran tepi tipe trapesium (m<sup>2</sup>)

Dengan tinggi jagaan (w) dapat dicari dengan:

$$w = \sqrt{0,5 \times h} \dots\dots\dots 2.46$$

Dimana,

w = tinggi jagaan (m)

h = kedalaman air yang tergenang dalam saluran (m)

**Tabel 2.20 Harga untuk Rumus Manning**

No.	Tipe Saluran	Harga n			
		Baik sekali	Baik	Sedang	Jelek
1.	SALURAN BUATAN Saluran tanah, lurus, teratur	0,017	0,020	0,023	0,025
2.	Saluran tanah yang dibuat excavator	0,023	0,028	0,030	0,040

3.	Saluran pada dinding batuan, lurus, teratur	0,020	0,030	0,033	0,035
4.	Saluran pada dinding batuan, tidak lurus, teratur	0,035	0,040	0,045	0,045
5.	Saluran batuan yang diledakkan, tumbuh-tumbuhan	0,025	0,030	0,035	0,040
6.	Dasar saluran dari tanah, sisi saluran berbatu	0,028	0,030	0,033	0,035
7.	Saluran lengkung dengan kecepatan aliran rendah	0,020	0,025	0,028	0,030
<b>SALURAN ALAM</b>					
8.	Bersih, lurus, tidak berpasir, tidak berlubang				
9.	Seperti no.8, tetapi ada timbunan atau kerikil	0,025	0,028	0,030	0,033
10.	Melengkung, bersih, berlubang, dan berdinding pasir	0,030	0,033	0,035	0,040
		0,033	0,035	0,040	0,045
11.	Seperti no. 10, dangkal tidak teratur				
12.	Seperti no. 10, berbatu dan ada tumbuh – tumbuhan	0,040	0,045	0,050	0,055
13.	Seperti no. 11, sebagian berbatu	0,055	0,040	0,045	0,050
14.	Aliran pelan, banyak tumbuh – tumbuhan dan berlubang	0,045	0,050	0,055	0,060
		0,050	0,060	0,070	0,080
<b>SALURAN BUATAN</b>					
16.	Saluran pasangan batu, tanpa penyelesaian	0,075	0,100	0,125	0,150
17.	Seperti no. 16, tapi dengan penyelesaian	0,025	0,030	0,033	0,035
18.	Saluran beton	0,017	0,020	0,025	0,030

19.	Saluran beton halus dan rata	0,014 0,010	0,016 0,011	0,019 0,012	0,021 0,013
20.	Saluran beton pracetak dengan acuan baja	0,013	0,014	0,014	0,015
21.	Saluran beton pracetak dengan acuan kayu	0,015	0,016	0,016	0,018

*Sumber: Tata Cara Perencanaan Drainase Jalan SNI 03-3424-1994*

## **2.5 Rencana Anggaran Biaya**

### **2.5.1 Umum**

Rencana Anggaran Biaya merupakan perkiraan besarnya biaya yang diperlukan untuk membiayai pelaksanaan hasil pekerjaan dilapangan. Perkiraan biaya tersebut didapatkan dengan menjumlahkan hasil perkalian antara harga satuan masing-masing pekerjaan dengan volume masing-masing pekerjaan.

### **2.5.2 Volume Pekerjaan**

Volume pekerjaan merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam perhitungan Rencana Anggaran Biaya, yaitu sebagai salah faktor pengali untuk harga satuan. Perhitungan volume ini didasarkan pada perencanaan profil melintang (*Cross Section*) dan profil memanjang (*Long Section*).

### **2.5.3 Harga Satuan Pekerjaan**

Harga satuan pekerjaan merupakan hasil yang diperoleh dari proses perhitungan dari masukan-masukan antara lain berupa harga satuan dasar untuk bahan, alat, upah, tenaga kerja serta biaya umum dan laba. Berdasarkan masukan tersebut dilakukan perhitungan untuk menentukan koefisien bahan, upah tenaga kerja dan peralatan setelah terlebih dahulu menentukan asumsi-asumsi faktor-faktor serta prosedur kerjanya. Jumlah dari

seluruh hasil perkalian koefisien tersebut dengan harga satuan ditambah dengan biaya umum dan laba akan menghasilkan harga satuan pekerjaan.



## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1 Tahap persiapan**

Tahap persiapan ini dilakukan beberapa kegiatan sebagai awal dari seluruh rangkaian studi bahan literatur dan studi pendahuluan hasil tahapan ini akan sangat mempengaruhi proses yang dilakukan dalam tahap – tahap selanjutnya, karena spesifikasi kebutuhan data, konsep analisa dan sasaran akhir pekerjaan akan ditetapkan dalam tahapan ini.

#### **3.1.1 Studi Pustaka**

Pengumpulan data yang diperoleh dari instansi dan survei di lapangan. Adapun data yang diperlukan.

Perencanaan perkerasan kaku antara lain:

- a. Peta Lokasi  
Memberi gambaran posisi tiap – tiap s stasioner (per 25 m) dengan kondisi setempat atau yang biasa disebut kondisi existing.
- b. Data LHR  
Data LHR yang digunakan pada perencanaan jalan ini didapatkan dari Dinas PU Bina Marga Jawa Timur.
- c. Data Tanah Dasar  
Dalam perencanaan perkerasan kaku, maka nilai CBR (California Bearing Ratio) pada tanah dasar ini diketahui, dimana dari nilai CBR tanah dasar ini digunakan nilai Modulus reaksi tanah dasar (k) sebagai dasar perencanaan untuk menentukan tebal perkerasan kaku.
- d. Data Curah Hujan  
Data curah hujan ini berupa data hujan tahunan yang kami gunakan sebagai referensi yaitu sepuluh tahun pada stasiun terdekat dengan lokasi proyek.

e. HSPK

Dalam perencanaan jalan ini kita juga harus menghitung biaya untuk suatu pengerjaan maupun total biaya keseluruhan dari proyek ini, dalam hal ini kita memerlukan harga satuan pekerjaan yang ada pada kota atau pun kabupaten tempat di mana proyek ini berlangsung

### 3.1.2 Pengolahan Data

Dalam proses pengolahan data dilakukan perhitungan teknis secara lengkap untuk memperoleh masukan untuk proses perencanaan selanjutnya yang meliputi:

a. Peta Lokasi Proyek

Untuk perencanaan ruas jalan Turen – bts. Kab. Lumajang menggunakan peta yang sudah tersedia, yaitu denah Plan Turen – bts. Kab Lumajang Sta. 0+000 – 26+000 yang terletak pada Kab. Malang untuk mengetahui lokasi proyek secara pasti.

b. Pengolahan Data Lalu Lintas

Data lalu lintas yang berupa Lalu lintas Harian Rata-Rata (LHR) dianalisa untuk mendapatkan pertumbuhan kendaraan baik pertumbuhan rata-rata maupun pertumbuhan tiap jenis kendaraan sampai dengan akhir umur rencana. Dengan angka pertumbuhan kendaraan didapatkan data kapasitas kendaraan yang diperlukan untuk perencanaan lebar jalan. Sedangkan untuk perkerasan jalan dibutuhkan data-data beban kendaraan yaitu beban yang berkaitan dengan beban sumbu kendaraan, volume lalu lintas, pertumbuhan lalu lintas dan konfigurasi roda. Untuk menghitung besarnya pertumbuhan lalu lintas dengan menggunakan metode regresi linier.

c. Pengolahan Data CBR Tanah

Hasil analisis data California Bearing Ratio (CBR) digunakan untuk mengetahui besarnya daya dukung tanah dasar yang ditunjukkan melalui nilai modulus reaksi tanah dasar ( $k$ ). Hal ini sangat penting untuk tabal lapis perkerasan yang dibutuhkan agar dapat mendukung beban kau lintas yang melewati jalan tersebut. Untuk nilai CBR yang digunakan dalam data perencanaan adalah nilai CBR rata-rata atau nilai CBR 90.

d. Pengolahan Data Curah Hujan

Pengolahan data ini digunakan untuk menghitung debit lintasan air hujan yang ada di daerah tangkapan suatu ruas jalan. Data ini digunakan untuk menghitung dimensi pemampang saluran drainase jalan.

e. Pengolahan Data HSPK

Pengolahan data Harga Satuan Pekerjaan (HSPK) ini bertujuan untuk mengetahui dan menyusun Rencana Anggaran Biaya pada proyek tersebut. Dari RAB inilah kita bisa membuat anggaran biaya untuk proyek ini menjadi efisien

### **3.2 Perencanaan Peningkatan Ruas Jalan Turen – Bts. Kab. Lumajang Sta 23+000 – 26+000 Dengan Menggunakan Perkerasan Kaku**

Pada proses kali ini pembahasan terhadap permasalahan yang telah dirumuskan berdasarkan teori dan hasil pengolahan data yang dilakukan, meliputi:

- Analisa Kapasitas Jalan (C)
- Geometrik Jalan
- Struktur perkerasan jalan
- Perencanaan Saluran Tepi (Drainase)
- Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

### 3.2.1 Analisa Kapasitas Jalan

Kapasitas memiliki definisi arus maksimum yang dapat dipertahankan per satuan jam yang melewati suatu titik jalan dalam kondisi yang ada. Dalam hal ini faktor yang paling utama yang harus diperhitungkan adalah Derajat Kejenuhan (DS).

Derajat Kejenuhan adalah rasio arus terhadap kapasitas yang digunakan sebagai faktor kunci dalam penentuan perilaku lalu lintas pada suatu simpang ataupun segmen jalan yang nantinya bisa dikatakan layak maupun kurang layak. Dalam hal ini derajat kejenuhan memiliki ketentuan seperti yang sudah ditentukan pada MKJI 1997 yang mengatakan bahwa derajat kejenuhan harus memiliki nilai kurang dari atau sama dengan 0,75 agar bisa dikatakan simpang atau segmen jalan itu memiliki kinerja yang baik.

### 3.2.2 Geometrik Jalan

Geometrik jalan di sini diartikan juga sebagai penggambaran tentang bentuk keadaan muka jalan ataupun semua yang terkait dengan keadaan jalan tersebut. Dalam geometrik jalan ini juga terdapat 2 jenis alinyemen yaitu alinyemen vertikal dan alinyemen horizontal, dimana alinyemen horizontal ini terkait dengan tikungan atau kelokan dan tersusun oleh garis lurus dan garis lengkung. Sedangkan alinyemen vertikal ini terkait dengan kelandaian atau yang biasa disebut tanjakan maupun turunan, kelandaian ini didapatkan dari perpotongan garis vertikal dengan permukaan perkerasan jalan.

### 3.2.3 Struktur Perkerasan Jalan

Pada proyek ini jenis struktur yang dipilih adalah jenis perkerasan kaku atau yang juga disebut *rigid*. Dimana pada perkerasan kaku ini terdapat suatu komponen lapisan utama berupa beton yang menerima beban pertama kali, kekuatan komponen lapisan ini selain ditentukan oleh tulangan juga

dipengaruhi oleh tebal lapisan itu sendiri. Dalam perencanaan tebal perkerasan yang akan dibuat harus memperhatikan beberapa hal seperti nilai kekuatan, tingkat keamanan, tingkat kedap terhadap air dan tingkat kecepatan mengalirnya air, sebelum perencanaan tebal perkerasan dilakukan hal yang harus diperlukan terlebih dahulu seperti survei kondisi lapangan yang bertujuan untuk mengetahui jenis kondisi tanah kemudian jenis kendaraan apa saja yang melewati jalan tersebut serta mengetahui berat kendaraan maksimum yang melewati jalan tersebut sehingga dari situlah bisa direncanakan untuk tebal perkerasan.

Tebal plat dihitung supaya mampu menahan tegangan yang diakibatkan beban roda, perubahan suhu dan kadar air, serta perubahan volume lapisan di bawahnya. Penerapan prinsip “fatigue” (kelelahan) untuk mengantisipasi beban berulang, dimana semakin besar jumlah beban lalu lintas mengakibatkan rasio tegangan (perbandingan tegangan lentur beton akibat beban roda dengan kuat lentur beton “MR”) semakin kecil.

### **3.2.4 Perencanaan Saluran Tepi**

Pada perencanaan jalan harus memperhatikan hal yang tidak kalah penting untuk kita perhitungkan yaitu, saluran tepi jalan atau yang disebut juga sebagai Drainase. Drainase sendiri memiliki definisi sebagai saluran tepi yang berfungsi untuk menampung dan mengalirkan air yang ada di permukaan jalan nantinya, adapun hal penting yang harus diperhatikan dalam perencanaan ini seperti kemiringan/kelandaian, lebar saluran, elevasi maupun data curah hujan.

### **3.2.5 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya**

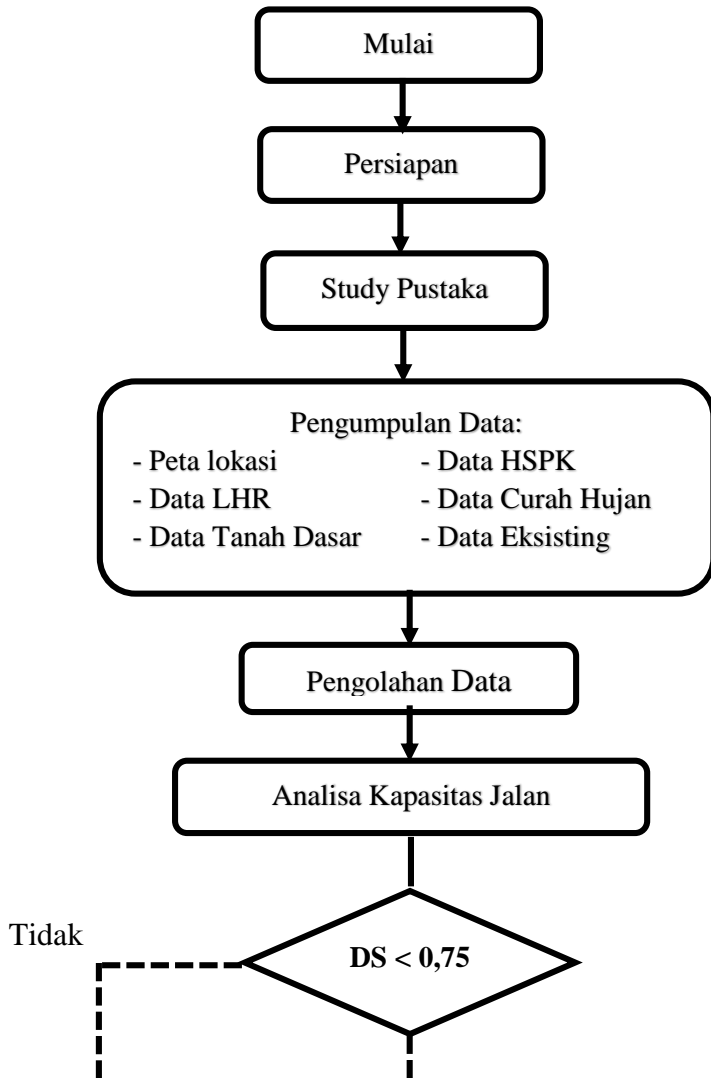
Perhitungan rencana anggaran biaya ini memiliki banyak peranan dalam suatu pengerjaan proyek yang salah satunya yaitu adalah menghasilkan kurva S jadwal ini bertujuan

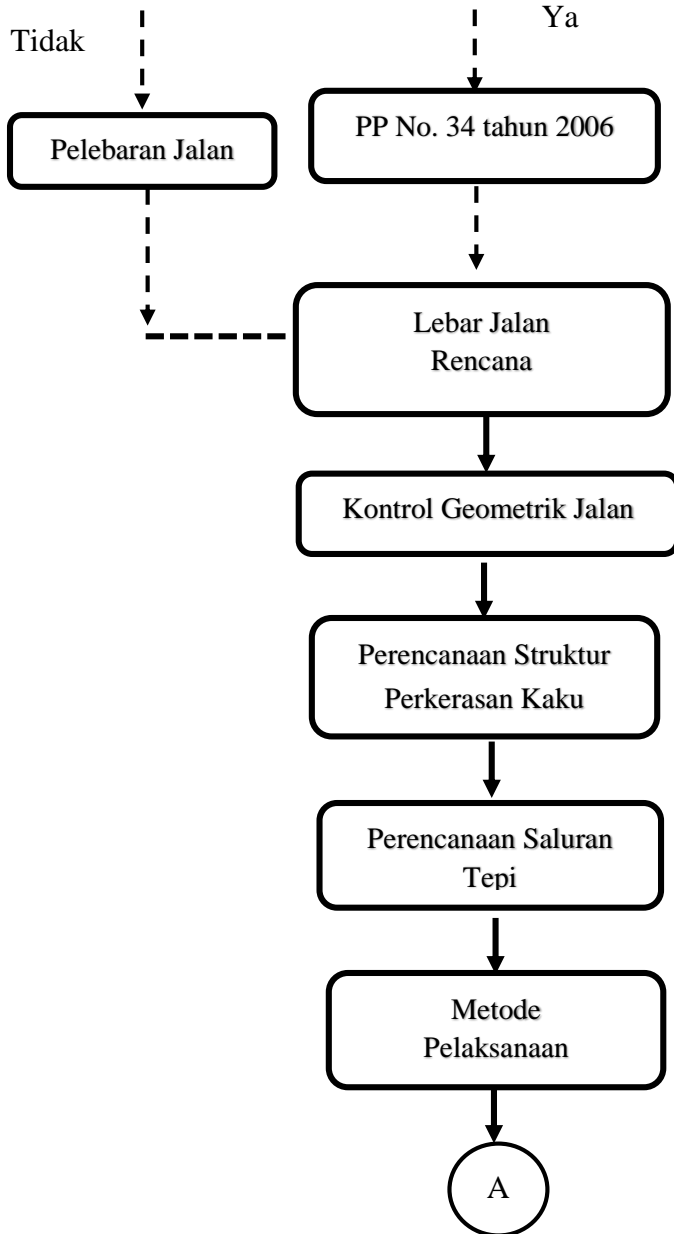
untuk menjadi pedoman jadwal pekerjaan yang akan dilakukan serta menjadi kontrol untuk suatu pelaksanaan pekerjaan.

### **2.2.6 Metode Pelaksanaan**

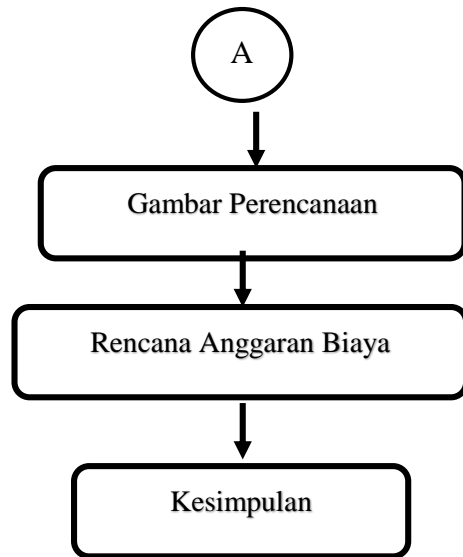
Perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) adalah suatu susunan konstruksi perkerasan dimana sebagai lapisan atas digunakan pelat beton yang terletak diatas pondasi (*leanconcrete*) atau diatas tanah dasar pondasi atau langsung diatas tanah dasar (*subgrade*). Pada mulanya perkerasan kaku hanya diletakkan diatas tanah tanpa adanya pertimbangan terhadap jenis tanah dasar dan drainasenya. Ukuran saat itu hanya 6-7 inch. Seiring dengan perkembangan jaman, beban lalu lintas pun bertambah, akhirnya para *engineer* menyadari pentingnya pengaruh jenis tanah dasar terhadap pengerjaan perkerasan terhadap terjadinya *pumping* pada perkerasan. *Pumping* merupakan proses pengocokan butiran-butiran *subgrade* atau *subbase* pada daerah-daerah sambungan (basah atau kering) akibat gerakan vertikal pelat karena beban lalu lintas yang mengakibatkan turunnya daya dukung lapisan bawah tersebut.

### 3.3 Flowchart Pengerjaan









Gambar 3.1 Bagan Alir Metodologi Perencanaan

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## **BAB IV**

### **PENGUMPULAN DATA**

#### **4.1 Pengumpulan Data**

##### **4.1.1 Pengumpulan Data**

Data lalu lintas diperlukan untuk merencanakan tebal perkerasan pelebaran jalan dengan memperkirakan adanya tingkat pertumbuhan lalu lintas rata-rata per tahun.

Pada lalu lintas ini yang kita dapat dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional V. Kami mendapatkan data lalu lintas hanya 40 jam selama survey lalu lintas 2 hari, dan tidak 48 jam per tahun pada tahun, 2009-2011. Sehingga untuk mendapatkan LHR harus mencari jam puncak pada tahun 2011 atau tahun terakhir yang digunakan sebagai patokan buat tahun yang sebelumnya sampai tahun 2009 dikali emp pada setiap jenis kendaraan.

##### **4.1.2 Data CBR**

Untuk data CBR yang digunakan untuk proyek akhir ini kita menggunakan CBR diatas perkerasan lentur dan data yang kita dapat dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional V pada tanah dasar yang berfungsi sebagai dasar untuk menentukan tebal perkerasan.

Data untuk data CBR pada tanah dasar yang digunakan untuk pelebaran dapat ditunjukkan pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1 Data CBR Tanah Dasar**

No.	Sta	CBR Lapangan	Nilai Urut CBR	Persentase CBR
1	0+000	6,82	8,31	25%
2	0+950	6,20	6,82	50%
3	1+980	3,93	6,20	75%
4	3+000	8,31	3,93	100%

*Sumber: Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional V*

#### 4.1.3 Data Curah Hujan

Data curah hujan adalah tinggi hujan dalam satu satuan waktu yang dinyatakan dalam mm/hari. Data ini diperoleh dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional V. Data curah hujan ini diperlukan untuk menghitung tinggi curah hujan rencana yang digunakan untuk perencanaan saluran tepi. Data curah hujan dari pengamatan didapat curah hujan rata-rata terbesar pertahun selama 11 tahun terakhir, dapat dilihat pada tabel 4.2.

**Tabel 4.2 Data Curah Hujan Rata-Rata Pada Stasiun  
Turen Tahun 2003-2013**

*Sumber: Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional V*

No.	Tahun	Hujan Harian Rata-Rata Max	Deviasi	$(X_i - \bar{X})^2$
		mm	$X_i - \bar{X}$	
1.	2003	96	-18,18	330,58
2.	2004	110	110,00	12100,00
3.	2005	164	164,00	26896,00
4.	2006	108	108,00	11664,00
5.	2007	197	192,00	36864,00
6.	2008	127	116,00	13456,00
7.	2009	68	68,00	4624,00
8.	2010	100	100,00	10000,00
9.	2011	69	69,00	4761,00
10.	2012	115	115,00	13225,00
11.	2013	102	102,00	10404,00
<b>Jml</b>	<b>11</b>	<b>1256</b>		<b>14415,64</b>

#### **4.1.4 Data Lalu Lintas Turen – Bts. Kab. Lumajang**

Data lalu lintas mengenai jumlah kendaraan bermotor mulai tahun 2009-2012 digunakan untuk mengetahui angka pertumbuhan lalu lintas masing-masing jumlah kendaraan. Untuk menjamin keakuratan hasil pertumbuhan lalu lintas maka digunakan program Ms. Excel dalam pelaksanaan reka data dan perhitungan. Rumus yang digunakan untuk mencari tingkat pertumbuhan lalu lintas tersebut dinamakan rumus regresi. Berikut ini adalah langkah-langkah mencari

pertumbuhan lalu lintas tiap kendaraan dengan cara perhitungan regresi:

1. Masukkan data-data lalu lintas seperti kendaraan bermotor pada kolom “y” dan tahun perolehan data-data lalu lintas tersebut ke dalam kolom “x” secara berurutan dari tahun pertama sampai tahun akhir data.
2. Blok kolom “x” dan kolom “y” sehingga menghasilkan grafik regresi.
3. Cek grafik regresi tersebut dengan cara persamaan regresi tersebut.
4. Dari hasil perhitungan persamaan regresi dapat kita peroleh pertumbuhan tiap kendaraan untuk masing-masing tahun dengan rumus sebagai berikut:

$$X_1 = \frac{Y_1 - Y_0}{Y_0}$$

$$X_2 = \frac{Y_2 - Y_1}{Y_1}$$

5. Dengan jumlah hasil dari perhitungan persamaan pertumbuhan lalu lintas pada tiap kendaraan untuk masing-masing tahun dapat kami peroleh rata-rata pertumbuhan lalu lintas (i) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$i = \frac{\sum X}{n}$$

6. Dari persamaan regresi dapat kita peroleh prediksi pertumbuhan tiap kendaraan untuk masing-masing tahun pada umur rencana 20 tahun mendatang.
7. Kemudian kami ubah hasil dari rata-rata pertumbuhan lalu lintas (i) ke dalam bentuk persen (%).

Sehubungan dengan data volume lalu lintas pada ruas Turen – Bts. Kab. Lumajang tahun 2009, 2010, dan 2011 yang didapat dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional V tidak penuh selama 24 jam, maka untuk perhitungan LHRT pada tahun 2015 didasarkan pada hasil survey lapangan selama 2 hari. Pada perencanaan ini kami mengacu pada pertumbuhan kendaraan bermotor di Provinsi Jawa Timur sebagaimana tabel berikut:

**Tabel 4.3 Data Lalu Lintas Harian (LHR) Ruas Turen-Bts. Kab. Lumajang (kend/hr)**

No.	Jenis Kendaraan	Gol. Kend.	Tahun		
			2009	2010	2011
1.	Sepeda motor (MC)	1	11348	10683	15500
2.	Mobil pribadi (LV)	2	2812	5720	4594
3.	Angkatan umum (LV)	3	3411	6935	5576
4.	Pick up (LV)	4	2299	4683	3761
5.	Bus kecil (MHV)	5A	233	361	338
6.	Bus besar (LB)	5B	31	64	62
7.	Truk 2 sumbu ¾" (LT)	6A	981	1536	1430
8.	Truk 2 sumbu (LT)	6B	171	309	304
9.	Truk 3 sumbu (LT)	7A	70	144	140
10.	Truk gandeng (LT)	7B	173	132	333
11.	Truk semi trailer (LT)	7C	165	177	318

*Sumber: Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional V*

Jumlah waktu kendaraan yang didapat dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional V adalah selama 40 jam. Karena yang dimasukkan ke dalam data adalah kend./hari maka dari jumlah data yang didapat dibagi selama 24 jam untuk mendapatkan volume lalu lintas harian rata-rata (LHRT).

Adapun data hasil survey lapangan sebagai berikut:

- Hari pertama

**Tabel 4.4 Rekapitan Hasil Survey Lalu Lintas Ruas Turen-Bts. Kab. Lumajang**

Jam Survey	Jenis Kendaraan					Q Smp/jam
	MC	LV	MHV	LT	LB	
1	2	3	4	5	6	8
06.00 – 06.15	33	4	1	30	0	
06.15 – 06.30	42	5	0	28	0	
06.30 – 06.45	76	6	0	22	0	
06.45 – 07.00	73	2	0	13	0	298,2
07.00 – 07.15	53	1	2	29	0	305,2
07.15 – 07.30	38	4	0	22	0	291,4
07.30 – 07.45	57	1	0	23	0	278,7
07.45 – 08.00	61	5	2	20	0	291,9
08.00 – 08.15	52	11	0	15	0	276
08.15 – 08.30	51	14	0	24	0	296,1
08.30 – 08.45	36	5	1	16	0	278,8
08.45 – 09.00	58	8	0	23	0	282,1
09.00 – 09.15	50	11	0	14	0	275,9
09.15 – 09.30	45	11	1	16	0	257,3
09.30 – 09.45	48	10	1	22	0	279,1
09.45 – 10.00	45	9	0	14	0	257,4
10.00 – 10.15	57	7	0	23	0	279,9
10.15 – 10.30	54	17	1	14	0	286,8
10.30 – 10.45	52	12	0	12	0	271
10.45 – 11.00	43	9	1	24	0	296,6
11.00 – 11.15	35	12	0	16	0	271,2
11.15 – 11.30	54	11	1	17	0	270,6
11.30 – 11.45	48	10	1	12	0	268,4
11.45 – 12.00	45	12	1	10	0	240,4
12.00 – 12.15	39	17	2	18	0	254,6
12.15 – 12.30	32	14	0	19	0	248,4
12.30 – 12.45	46	15	0	13	0	252,4
12.45 – 13.00	35	11	1	9	0	244,6



13.00 – 13.15	34	8	1	9	0	215,1
13.15 – 13.30	35	9	0	16	0	206,2
13.30 – 13.45	25	5	0	10	0	180,3
13.45 – 14.00	40	11	0	10	0	182,8
14.00 – 14.15	35	12	1	21	0	212,3
14.15 – 14.30	41	9	0	13	0	213,3
14.30 – 14.45	31	17	0	12	0	235,3
14.45 – 15.00	39	10	1	11	0	237,4
15.00 – 15.15	50	11	0	10	0	218,9
15.15 – 15.30	49	9	1	11	1	222,7
15.30 – 15.45	28	9	0	4	0	195,4
15.45 – 16.00	53	8	2	11	0	202,2
16.00 – 16.15	72	9	0	5	0	202,2
16.15 – 16.30	24	6	1	4	0	169,1
16.30 – 16.45	27	5	2	2	0	164,6
16.45 – 17.00	56	12	2	12	0	171,9
17.00 – 17.15	52	16	0	6	0	174,1
17.15 – 17.30	46	18	0	3	0	193,5
17.30 – 17.45	47	6	1	9	0	215,3
17.45 – 18.00	32	7	0	14	0	198,3
18.00 – 18.15	29	6	1	16	0	193,2
18.15 – 18.30	39	8	0	11	0	197,5
18.30 – 18.45	40	9	0	9	0	195,2
18.45 – 19.00	27	10	0	10	0	188,5
19.00 – 19.15	10	11	0	9	0	169,6
19.15 – 19.30	47	5	1	12	0	170,8
19.30 – 19.45	22	6	0	9	0	158,8
19.45 – 20.00	17	8	0	5	0	142,8
20.00 – 20.15	17	10	0	4	0	136,3
20.15 – 20.30	20	11	0	6	0	116,2
20.30 – 20.45	6	2	0	13	0	111,4
20.45 – 21.00	5	8	0	9	0	112,6
21.00 – 21.15	8	9	0	8	0	114,3
21.15 – 21.30	5	7	0	3	0	97,4
21.30 – 21.45	5	7	0	10	0	96,5
21.45 – 22.00	9	3	0	9	0	93,5

22.00 – 22.15	1	6	0	9	0	88,8
22.15 – 22.30	2	6	0	6	0	91,7
22.30 – 22.45	4	5	0	2	0	74,8
22.45 – 23.00	2	6	0	5	0	67,1
23.00 – 23.15	3	6	0	6	0	62,7
23.15 – 23.30	0	5	0	4	0	57,1
23.30 – 23.45	2	3	0	7	0	63,1
23.45 – 00.00	0	4	0	5	0	60,1
00.00 – 00.15	1	4	0	4	0	53,5
00.15 – 00.30	3	4	0	6	0	57,6
00.30 – 00.45	1	1	0	5	0	51,5
00.45 – 01.00	1	1	0	6	0	50,8
01.00 – 01.15	0	3	0	1	0	43,9
01.15 – 01.30	0	2	0	3	0	35
01.30 – 01.45	2	2	0	4	0	34,7
01.45 – 02.00	0	1	0	7	0	36
02.00 – 02.15	0	1	1	3	0	39,4
02.15 – 02.30	2	3	0	13	0	59,4
02.30 – 02.45	2	1	0	5	0	60,2
02.45 – 03.00	7	2	0	8	0	66,5
03.00 – 03.15	4	3	0	26	0	113,5
03.15 – 03.30	6	0	0	6	0	99,9
03.30 – 03.45	4	5	0	10	0	113,9
03.45 – 04.00	8	2	0	24	0	143,2
04.00 – 04.15	8	1	0	30	0	147
04.15 – 04.30	4	1	0	17	0	166,8
04.30 – 04.45	8	3	0	23	0	190,2
04.45 – 05.00	5	5	0	29	0	200,7
05.00 – 05.15	6	2	0	23	0	188,1
05.15 – 05.30	10	1	0	31	0	219,7
05.30 – 05.45	17	6	1	28	0	238
05.45 – 06.00	12	3	0	25	0	232,3

- Hari kedua

**Tabel 4.5 Rekapitan Hasil Survey Lalu Lintas Ruas Turen-Bts. Kab. Lumajang**

Jam Survey	Jenis Kendaraan					Q Smp/jam
	MC	LV	MHV	LT	LB	
1	2	3	4	5	6	8
06.00 – 06.15	32	3	0	8	0	
06.15 – 06.30	41	11	1	8	0	
06.30 – 06.45	45	5	0	7	0	
06.45 – 07.00	46	6	0	6	0	161
07.00 – 07.15	49	6	1	6	0	170,7
07.15 – 07.30	50	7	0	7	0	167,6
07.30 – 07.45	47	6	1	14	0	184
07.45 – 08.00	49	3	0	9	0	187,9
08.00 – 08.15	34	8	0	21	0	207,6
08.15 – 08.30	51	8	0	15	0	223,5
08.30 – 08.45	34	6	0	11	0	209,8
08.45 – 09.00	38	6	0	11	0	210,9
09.00 – 09.15	50	5	0	23	0	219,5
09.15 – 09.30	33	10	1	11	0	210,5
09.30 – 09.45	64	10	0	31	0	265,5
09.45 – 10.00	70	1	0	17	0	290,7
10.00 – 10.15	52	8	1	26	0	301,9
10.15 – 10.30	48	9	0	17	0	314
10.30 – 10.45	26	6	1	29	0	292,6
10.45 – 11.00	62	6	1	33	0	320,8
11.00 – 11.15	44	6	0	25	0	311,2
11.15 – 11.30	38	16	1	21	0	325,6
11.30 – 11.45	38	8	0	27	0	324,8
11.45 – 12.00	36	3	1	21	0	287,2
12.00 – 12.15	57	11	1	30	0	309,5
12.15 – 12.30	28	6	0	23	0	292,9
12.30 – 12.45	47	8	1	19	0	288,2
12.45 – 13.00	36	6	0	21	0	289,4

13.00 – 13.15	52	7	1	28	0	279,3
13.15 – 13.30	50	7	0	21	0	287,7
13.30 – 13.45	60	13	0	21	0	297,6
13.45 – 14.00	60	8	0	27	0	322,4
14.00 – 14.15	42	11	0	15	0	299,6
14.15 – 14.30	69	15	1	19	0	315,3
14.30 – 14.45	63	22	0	12	0	309,6
14.45 – 15.00	34	9	2	26	0	299,4
15.00 – 15.15	55	13	0	26	0	327,7
15.15 – 15.30	40	9	0	14	0	299,8
15.30 – 15.45	49	9	0	24	0	301,4
15.45 – 16.00	34	7	0	16	0	277,8
16.00 – 16.15	28	7	1	19	0	244,1
16.15 – 16.30	18	4	0	7	0	212,1
16.30 – 16.45	28	8	0	18	0	189,8
16.45 – 17.00	38	7	2	25	0	215
17.00 – 17.15	34	12	0	11	0	206,8
17.15 – 17.30	34	9	0	11	0	227
17.30 – 17.45	24	8	0	16	0	221,4
17.45 – 18.00	45	6	0	19	0	206,1
18.00 – 18.15	26	9	1	11	0	200,9
18.15 – 18.30	26	7	0	8	0	189,5
18.30 – 18.45	16	7	0	9	0	171,9
18.45 – 19.00	21	8	0	9	0	147,3
19.00 – 19.15	27	7	0	13	0	147,6
19.15 – 19.30	17	11	1	8	0	148,9
19.30 – 19.45	30	5	0	9	0	157,3
19.45 – 20.00	7	7	0	8	0	144,1
20.00 – 20.15	7	3	0	10	0	124,7
20.15 – 20.30	14	5	0	5	0	110
20.30 – 20.45	9	7	1	5	0	92,7
20.45 – 21.00	14	4	0	8	0	93,2
21.00 – 21.15	16	7	0	12	0	105,3
21.15 – 21.30	8	7	0	10	0	113,3
21.30 – 21.45	7	3	0	10	0	115,5
21.45 – 22.00	2	3	0	5	0	103,1

22.00 – 22.15	5	7	0	10	0	94
22.15 – 22.30	0	2	0	6	0	77,8
22.30 – 22.45	13	4	0	10	0	81,8
22.45 – 23.00	7	4	0	8	0	90,7
23.00 – 23.15	3	2	0	7	0	79,3
23.15 – 23.30	5	3	0	5	0	81
23.30 – 23.45	2	8	0	6	0	72,3
23.45 – 00.00	4	5	0	4	0	64,6
00.00 – 00.15	1	5	0	4	0	61,2
00.15 – 00.30	1	10	0	2	0	60,8
00.30 – 00.45	0	9	0	7	0	62,6
00.45 – 01.00	1	7	0	4	0	63,1
01.00 – 01.15	0	3	0	14	0	78,6
01.15 – 01.30	0	1	0	6	0	79,7
01.30 – 01.45	0	5	0	7	0	75,7
01.45 – 02.00	0	5	0	6	0	76,8
02.00 – 02.15	1	7	0	6	0	66,9
02.15 – 02.30	2	4	0	9	0	71,9
02.30 – 02.45	2	7	0	8	0	76,7
02.45 – 03.00	0	1	0	4	0	69,1
03.00 – 03.15	0	7	0	4	0	65
03.15 – 03.30	3	2	0	2	0	51,9
03.30 – 03.45	2	3	0	8	0	47,9
03.45 – 04.00	2	1	0	3	0	47,1
04.00 – 04.15	4	6	0	10	0	58,9
04.15 – 04.30	0	4	1	15	0	84,6
04.30 – 04.45	15	3	0	9	0	92,9
04.45 – 05.00	12	4	0	7	0	108,1
05.00 – 05.15	20	7	1	11	0	120,7
05.15 – 05.30	21	12	0	8	0	124,8
05.30 – 05.45	20	12	0	11	0	139,9
05.45 – 06.00	24	5	0	5	0	143,3

*Sumber: Hasil Survey Lapangan*

Data yang dianalisis adalah data volume lalu lintas kendaraan pada Tabel 4.3 dalam melakukan analisa data lalu lintas, dapat digunakan untuk mencari pertumbuhan kendaraan atau lalu lintas pertahun untuk masing-masing kendaraan, untuk mencari pertumbuhan lalu lintas kita mempergunakan rumus yang terdapat pada hasil regresi pertumbuhan lalu lintas yang terdapat dalam program Ms. Excel. Kemudian kita olah kembali ke dalam Ms. Excel untuk mencari pertumbuhan lalu lintas rata-rata per tahun (i).

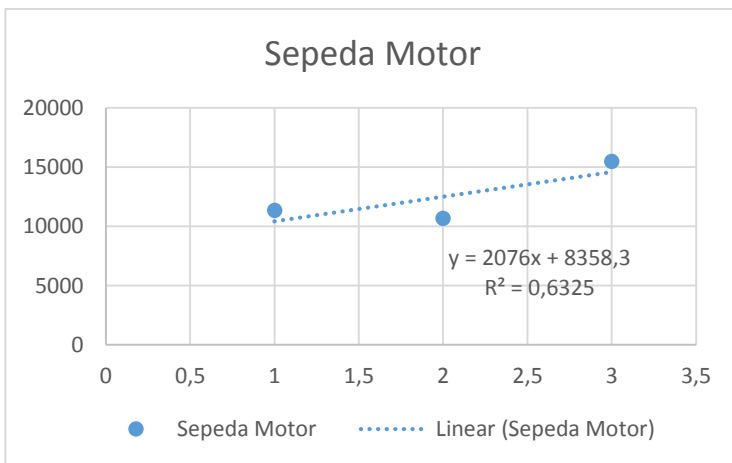
- Pertumbuhan lalu lintas kendaraan sepeda motor

**Tabel 4.6 Pertumbuhan Lalu Lintas Kendaraan Sepeda Motor**

No.	Tahun (x)	LHR (y)	Persamaan Regresi (Y)	i	$\bar{i}$ rata-rata	i (%)
1.	2009	11348	10434		0,182	18,25
2.	2010	10683	12510	0,199		
3.	2011	15500	14586	0,166		
Jumlah				0,365		
4.	2015		22890	0,569	0,078	7,78
5.	2016		24966	0,091		
6.	2017		27042	0,083		
7.	2018		29118	0,077		
8.	2019		31194	0,071		
9.	2020		33270	0,067		
10.	2021		35346	0,062		
11.	2022		37422	0,059		
12.	2023		39498	0,055		
13.	2024		41574	0,053		
14.	2025		43650	0,050		

15.	2026		45726	0,048		
16.	2027		47802	0,045		
17.	2028		49878	0,043		
18.	2029		51954	0,042		
19.	2030		54030	0,040		
20.	2031		56106	0,038		
21.	2032		58182	0,037		
22.	2033		60258	0,036		
23.	2034		62334	0,034		
24.	2035		64410	0,033		
J u m l a h				1,634		

Sumber: Hasil Pengolahan Data



Gambar 4.1 Grafik Pertumbuhan lalu lintas kendaraan sepeda motor

Dari gambar 4.1 diperoleh  $R^2 = 0,6325$  dimana  $R^2$  adalah koefisien determinasi berganda yang digunakan untuk mengukur kontribusi seluruh variabel ( $x_1, x_2, \dots, x_3$ ) terhadap variabel terikat ( $y$ ), sehingga dapat diperoleh nilai persamaan

regresinya dan angka pertumbuhan lalu lintas rata-rata sebesar 7,78%.

- Pertumbuhan lalu lintas kendaraan mobil pribadi

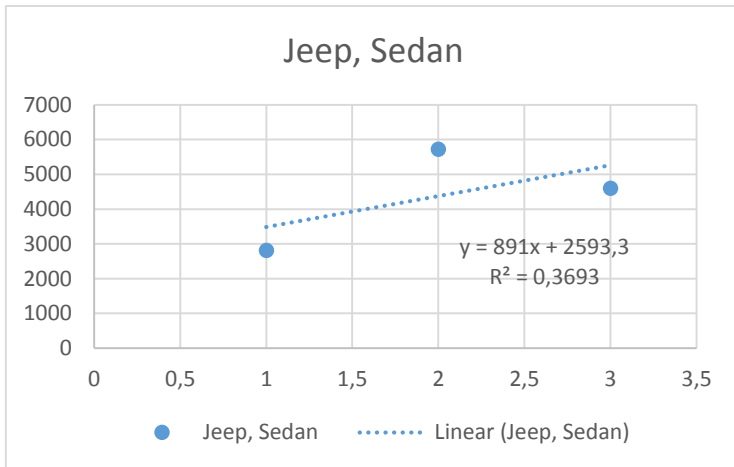
**Tabel 4.7 Pertumbuhan Lalu Lintas Kendaraan Mobil Pribadi**

No.	Tahun (x)	LHR (y)	Persamaan Regresi (Y)	i	$i_{rata-rata}$	i (%)
1.	2009	2812	3484		0,2297	22,97
2.	2010	5720	4375	0,25574		
3.	2011	4594	5266	0,20366		
Jumlah				0,4594		
4.	2015		8830	0,677	0,086	8,64
5.	2016		9721	0,101		
6.	2017		10612	0,092		
7.	2018		11503	0,084		
8.	2019		12394	0,077		
9.	2020		13285	0,072		
10.	2021		14176	0,067		
11.	2022		15067	0,063		
12.	2023		15958	0,059		
13.	2024		16849	0,056		
14.	2025		17740	0,053		
15.	2026		18631	0,050		
16.	2027		19522	0,048		
17.	2028		20413	0,046		
18.	2029		21304	0,044		
19.	2030		22195	0,042		
20.	2031		23086	0,040		
21.	2032		23977	0,039		
22.	2033		24868	0,037		



23.	2034		25759	0,036		
24.	2035		26650	0,035		
J u m l a h				1,816		

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*



Gambar 4.2 Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas Kendaraan Mobil Pribadi

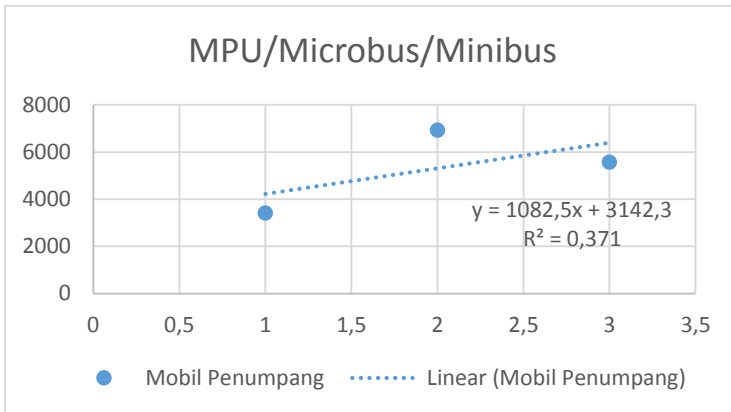
Dari gambar 4.2 diperoleh  $R^2 = 0,3693$  dimana  $R^2$  adalah koefisien determinasi berganda yang digunakan untuk mengukur kontribusi seluruh variabel ( $x_1, x_2, \dots, x_3$ ) terhadap variabel terikat ( $y$ ), sehingga dapat diperoleh nilai persamaan regresinya dan angka pertumbuhan lalu lintas rata-rata sebesar 8,64%.

- Pertumbuhan lalu lintas MPU/Microbus/Minibus

**Tabel 4.8 Pertumbuhan lalu lintas  
MPU/Microbus/Minibus**

No.	Tahun (x)	LHR (y)	Persamaan Regresi (Y)	i	$\bar{i}$ <sub>rata-rata</sub>	i (%)
1.	2009	3411	5229		0,18935	18,93
2.	2010	6935	6312	0,20711		
3.	2011	5576	7395	0,17158		
Jumlah				0,37869		
4.	2015		11727	0,58580	0,07917	7,917
5.	2016		12810	0,09235		
6.	2017		13893	0,08454		
7.	2018		14976	0,07795		
8.	2019		16059	0,07232		
9.	2020		17142	0,06744		
10.	2021		18225	0,06318		
11.	2022		19308	0,05942		
12.	2023		20391	0,05609		
13.	2024		21474	0,05311		
14.	2025		22557	0,05043		
15.	2026		23640	0,04801		
16.	2027		24723	0,04581		
17.	2028		25806	0,04381		
18.	2029		26889	0,04197		
19.	2030		27972	0,04028		
20.	2031		29055	0,03872		
21.	2032		30138	0,03727		
22.	2033		31221	0,03593		
23.	2034		32304	0,03469		
24.	2035		33387	0,03353		
Jumlah				1,66265		

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*



**Gambar 4.3 Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas  
MPU/Microbus/Minibus**

Dari gambar 4.3 diperoleh  $R^2 = 0,371$  dimana  $R^2$  adalah koefisien determinasi berganda yang digunakan untuk mengukur kontribusi seluruh variabel ( $x_1, x_2, \dots, x_3$ ) terhadap variabel terikat ( $y$ ), sehingga dapat diperoleh nilai persamaan regresinya dan angka pertumbuhan lalu lintas rata-rata sebesar 7,92%.

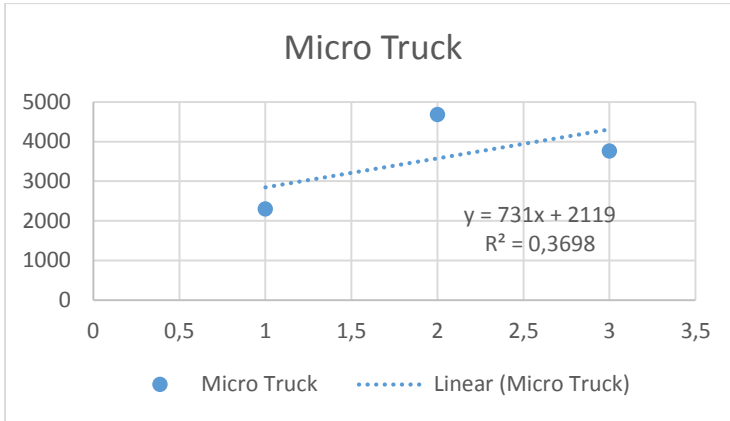
- Pertumbuhan lalu lintas pick up

**Tabel 4.9 Pertumbuhan Lalu Lintas Pick Up**

No.	Tahun (x)	LHR (y)	Persamaan Regresi (Y)	i	$i_{rata-rata}$	i (%)
1.	2009	2299	2850		0,23031	23,03

2.	2010	4683	3581	0,25649		
3.	2011	3761	4312	0,20413		
Jumlah				0,46062		
4.	2015		7236	0,67811	0,08657	8,657
5.	2016		7967	0,10102		
6.	2017		8698	0,09175		
7.	2018		9429	0,08404		
8.	2019		10160	0,07753		
9.	2020		10891	0,07195		
10.	2021		11622	0,06712		
11.	2022		12353	0,06290		
12.	2023		13084	0,05918		
13.	2024		13815	0,05587		
14.	2025		14546	0,05291		
15.	2026		15277	0,05025		
16.	2027		16008	0,04785		
17.	2028		16739	0,04566		
18.	2029		17470	0,04367		
19.	2030		18201	0,04184		
20.	2031		18932	0,04016		
21.	2032		19663	0,03861		
22.	2033		20394	0,03718		
23.	2034		21125	0,03584		
24.	2035		21856	0,03460		
J u m l a h				1,81806		

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*



Gambar 4.4 Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas Pick Up

Dari gambar 4.4 diperoleh  $R^2 = 0,3698$  dimana  $R^2$  adalah koefisien determinasi berganda yang digunakan untuk mengukur kontribusi seluruh variabel ( $x_1, x_2, \dots, x_3$ ) terhadap variabel terikat ( $y$ ), sehingga dapat diperoleh nilai persamaan regresinya dan angka pertumbuhan lalu lintas rata-rata sebesar 8,66%.

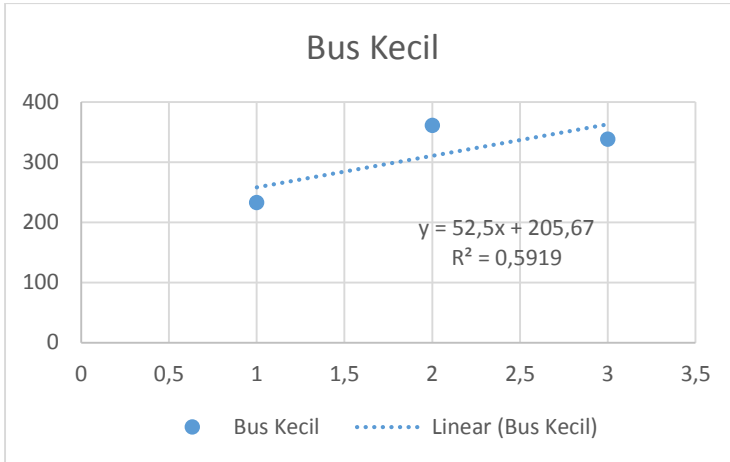
- Pertumbuhan lalu lintas bus kecil

**Tabel 4.10 Pertumbuhan Lalu Lintas Bus Kecil**

No.	Tahun (x)	LHR (y)	Persamaan Regresi (Y)	i	$i_{rata-rata}$	i (%)
1.	2009	233	1263		0,04112	4,112
2.	2010	361	1316	0,04196		
3.	2011	338	1369	0,04027		
Jumlah				0,08224		
4.	2015		1581	0,15486	0,03213	3,213
5.	2016		1634	0,03352		

6.	2017		1687	0,03244		
7.	2018		1740	0,03142		
8.	2019		1793	0,03046		
9.	2020		1846	0,02956		
10.	2021		1899	0,02871		
11.	2022		1952	0,02791		
12.	2023		2005	0,02715		
13.	2024		2058	0,02643		
14.	2025		2111	0,02575		
15.	2026		2164	0,02511		
16.	2027		2217	0,02449		
17.	2028		2270	0,02391		
18.	2029		2323	0,02335		
19.	2030		2376	0,02282		
20.	2031		2429	0,02231		
21.	2032		2482	0,02182		
22.	2033		2535	0,02135		
23.	2034		2588	0,02091		
24.	2035		2641	0,02048		
J u m l a h				0,67475		

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*



Gambar 4.5 Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas Bus Kecil

Dari gambar 4.5 diperoleh  $R^2 = 0,5919$  dimana  $R^2$  adalah koefisien determinasi berganda yang digunakan untuk mengukur kontribusi seluruh variabel ( $x_1, x_2, \dots, x_3$ ) terhadap variabel terikat ( $y$ ), sehingga dapat diperoleh nilai persamaan regresinya dan angka pertumbuhan lalu lintas rata-rata sebesar 3,21%.

- Pertumbuhan lalu lintas bus besar

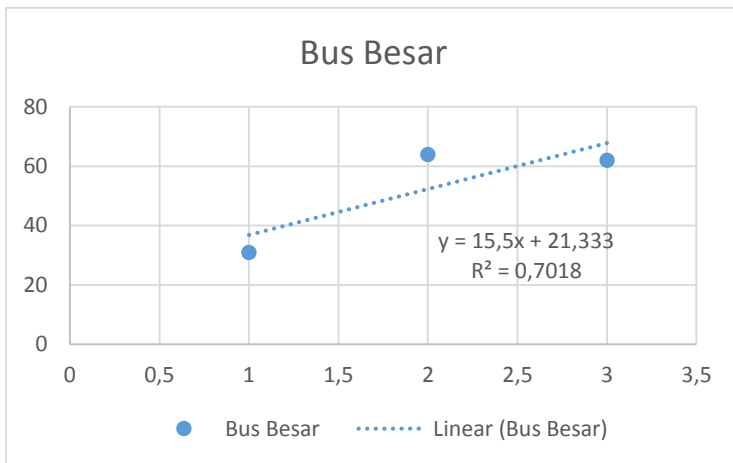
**Tabel 4.11 Pertumbuhan Lalu Lintas Bus Besar**

No.	Tahun (x)	LHR (y)	Persamaan Regresi (Y)	i	$i_{rata-rata}$	i (%)
1.	2009	31	36,5		0,36137	36,14
2.	2010	64	52	0,42466		
3.	2011	62	67,5	0,29808		
Jumlah				0,72273		

4.	2015		129,5	0,91852	0,10399	10,39
5.	2016		145	0,11969		
6.	2017		160,5	0,10690		
7.	2018		176	0,09657		
8.	2019		191,5	0,08807		
9.	2020		207	0,08094		
10.	2021		222,5	0,07488		
11.	2022		238	0,06966		
12.	2023		253,5	0,06513		
13.	2024		269	0,06114		
14.	2025		284,5	0,05762		
15.	2026		300	0,05448		
16.	2027		315,5	0,05167		
17.	2028		331	0,04913		
18.	2029		346,5	0,04683		
19.	2030		362	0,04473		
20.	2031		377,5	0,04282		
21.	2032		393	0,04106		
22.	2033		408,5	0,03944		
23.	2034		424	0,03794		
24.	2035		439,5	0,03656		
J u m l a h				2,18378		

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*





Gambar 4.6 Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas Bus Besar

Dari gambar 4.6 diperoleh  $R^2 = 0,7018$  dimana  $R^2$  adalah koefisien determinasi berganda yang digunakan untuk mengukur kontribusi seluruh variabel ( $x_1, x_2, \dots, x_3$ ) terhadap variabel terikat ( $y$ ), sehingga dapat diperoleh nilai persamaan regresinya dan angka pertumbuhan lalu lintas rata-rata sebesar 4,22%.

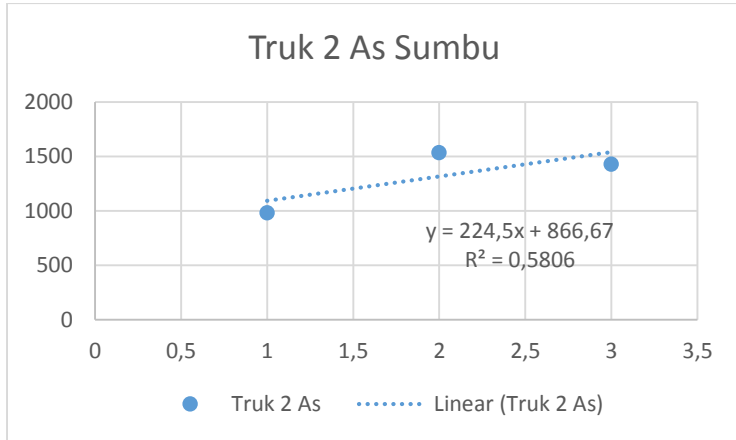
- Pertumbuhan lalu lintas truk 2 as sumbu  $\frac{3}{4}$

**Tabel 4.12 Pertumbuhan Lalu Lintas Truk 2 As**

No.	Tahun (x)	LHR (y)	Persamaan Regresi (Y)	i	$i_{rata-rata}$	i (%)
1.	2009	981	2096		0,10214	10,21
2.	2010	1536	2321	0,10735		
3.	2011	1430	2546	0,09694		

Jumlah				0,20429		
4.	2015		3446	0,35350	0,05751	5,751
5.	2016		3671	0,06529		
6.	2017		3896	0,06129		
7.	2018		4121	0,05775		
8.	2019		4346	0,05460		
9.	2020		4571	0,05177		
10.	2021		4796	0,04922		
11.	2022		5021	0,04691		
12.	2023		5246	0,04481		
13.	2024		5471	0,04289		
14.	2025		5696	0,04113		
15.	2026		5921	0,03950		
16.	2027		6146	0,03800		
17.	2028		6371	0,03661		
18.	2029		6596	0,03532		
19.	2030		6821	0,03411		
20.	2031		7046	0,03299		
21.	2032		7271	0,03193		
22.	2033		7496	0,03094		
23.	2034		7721	0,03002		
24.	2035		7946	0,02914		
J u m l a h				1,20773		

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*



Gambar 4.7 Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas Truk 2 As Sumbu  $\frac{3}{4}$

Dari gambar 4.7 diperoleh  $R^2 = 0,5806$  dimana  $R^2$  adalah koefisien determinasi berganda yang digunakan untuk mengukur kontribusi seluruh variabel ( $x_1, x_2, \dots, x_3$ ) terhadap variabel terikat ( $y$ ), sehingga dapat diperoleh nilai persamaan regresinya dan angka pertumbuhan lalu lintas rata-rata sebesar 5,75%.

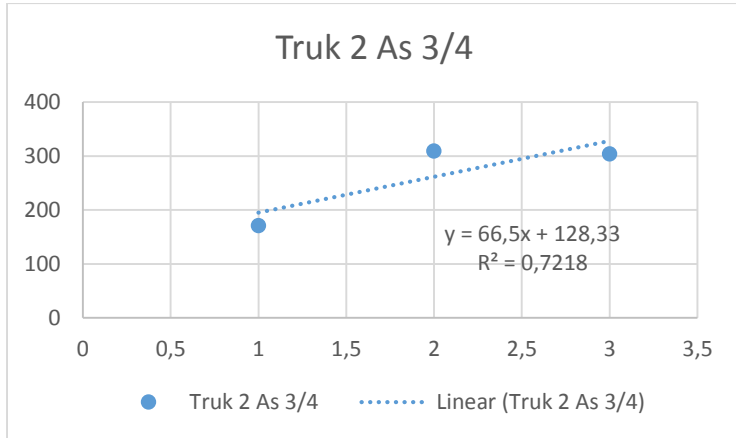
- Pertumbuhan lalu lintas truk 2 as sumbu  $\frac{3}{4}$

Tabel 4.13 Pertumbuhan Lalu Lintas Truk 2 As

No.	Tahun (x)	LHR (y)	Persamaan Regresi (Y)	i	$i_{rata-rata}$	i (%)
1.	2009	981	194,5		0,29835	29,83
2.	2010	1536	261	0,34190		
3.	2011	1430	327,5	0,25479		

Jumlah				0,59669		
4.	2015		593,5	0,81221	0,09656	9,656
5.	2016		660	0,11205		
6.	2017		726,5	0,10076		
7.	2018		793	0,09153		
8.	2019		859,5	0,08386		
9.	2020		926	0,07737		
10.	2021		992,5	0,07181		
11.	2022		1059	0,06700		
12.	2023		1125,5	0,06280		
13.	2024		1192	0,05908		
14.	2025		1258,5	0,05579		
15.	2026		1325	0,05284		
16.	2027		1391,5	0,05019		
17.	2028		1458	0,04779		
18.	2029		1524,5	0,04561		
19.	2030		1591	0,04362		
20.	2031		1657,5	0,04180		
21.	2032		1724	0,04012		
22.	2033		1790,5	0,03857		
23.	2034		1857	0,03714		
24.	2035		1923,5	0,03581		
J u m l a h				2,02776		

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*



Gambar 4.8 Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas Truk 2 As sumbu  $\frac{3}{4}$

Dari gambar 4.8 diperoleh  $R^2 = 0,7218$  dimana  $R^2$  adalah koefisien determinasi berganda yang digunakan untuk mengukur kontribusi seluruh variabel ( $x_1, x_2, \dots, x_3$ ) terhadap variabel terikat ( $y$ ), sehingga dapat diperoleh nilai persamaan regresinya dan angka pertumbuhan lalu lintas rata-rata sebesar 9,65%.

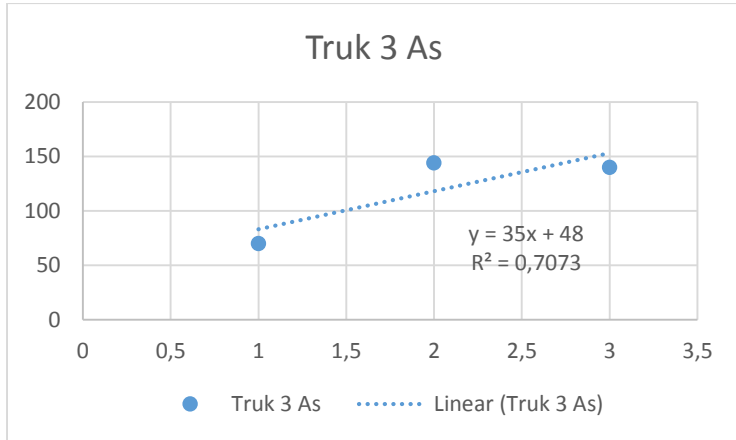
- Pertumbuhan lalu lintas truk 3 as

**Tabel 4.14 Pertumbuhan Lalu Lintas Truk 3 As**

No.	Tahun (x)	LHR (y)	Persamaan Regresi (Y)	i	$i_{rata-rata}$	i (%)
1.	2009	2812	83		0,35915	35,91
2.	2010	5720	118	0,42169		
3.	2011	4594	153	0,29661		
Jumlah				0,718297		

4.	2015		293	0,91503	0,10375	10,38
5.	2016		328	0,11945		
6.	2017		363	0,10671		
7.	2018		398	0,09642		
8.	2019		433	0,08794		
9.	2020		468	0,08083		
10.	2021		503	0,07479		
11.	2022		538	0,06958		
12.	2023		573	0,06506		
13.	2024		608	0,06108		
14.	2025		643	0,05757		
15.	2026		678	0,05443		
16.	2027		713	0,05162		
17.	2028		748	0,04909		
18.	2029		783	0,04679		
19.	2030		818	0,04470		
20.	2031		853	0,04279		
21.	2032		888	0,04103		
22.	2033		923	0,03941		
23.	2034		958	0,03792		
24.	2035		993	0,03653		
J u m l a h				2,17878		

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*



Gambar 4.9 Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas Truk 3 As

Dari gambar 4.9 diperoleh  $R^2 = 0,7073$  dimana  $R^2$  adalah koefisien determinasi berganda yang digunakan untuk mengukur kontribusi seluruh variabel ( $x_1, x_2, \dots, x_3$ ) terhadap variabel terikat ( $y$ ), sehingga dapat diperoleh nilai persamaan regresinya dan angka pertumbuhan lalu lintas rata-rata sebesar 10,38%.

- Pertumbuhan lalu lintas truk gandeng

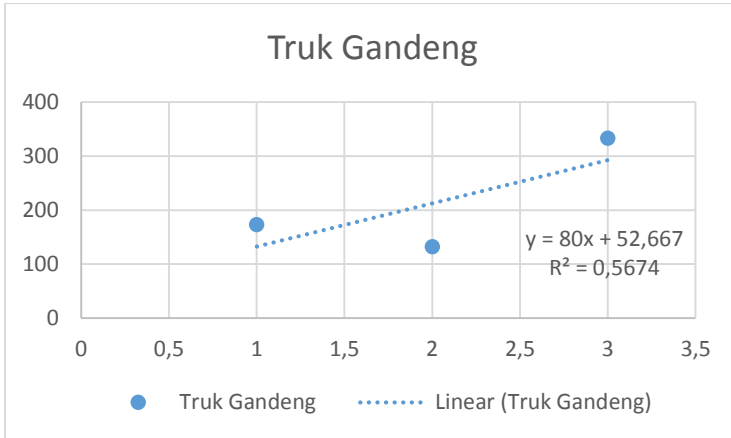
**Tabel 4.15 Pertumbuhan Lalu Lintas Truk Gandeng**

No.	Tahun (x)	LHR (y)	Persamaan Regresi (Y)	i	$i_{rata-rata}$	i (%)
1.	2009	173	133		0,48855	48,86
2.	2010	132	213	0,60150		
3.	2011	333	293	0,37559		
Jumlah				0,97709		

4.	2015		613	1,09215	0,11545	11,55
5.	2016		693	0,13051		
6.	2017		773	0,11544		
7.	2018		853	0,10349		
8.	2019		933	0,09379		
9.	2020		1013	0,08574		
10.	2021		1093	0,07897		
11.	2022		1173	0,07319		
12.	2023		1253	0,06820		
13.	2024		1333	0,06385		
14.	2025		1413	0,06002		
15.	2026		1493	0,05662		
16.	2027		1573	0,05358		
17.	2028		1653	0,05086		
18.	2029		1733	0,04840		
19.	2030		1813	0,04616		
20.	2031		1893	0,04413		
21.	2032		1973	0,04226		
22.	2033		2053	0,04055		
23.	2034		2133	0,03897		
24.	2035		2213	0,03751		
J u m l a h				2,42438		

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*





Gambar 4.10 Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas Truk Gandeng

Dari gambar 4.10 diperoleh  $R^2 = 0,5674$  dimana  $R^2$  adalah koefisien determinasi berganda yang digunakan untuk mengukur kontribusi seluruh variabel ( $x_1, x_2, \dots, x_3$ ) terhadap variabel terikat ( $y$ ), sehingga dapat diperoleh nilai persamaan regresinya dan angka pertumbuhan lalu lintas rata-rata sebesar 11,55%.

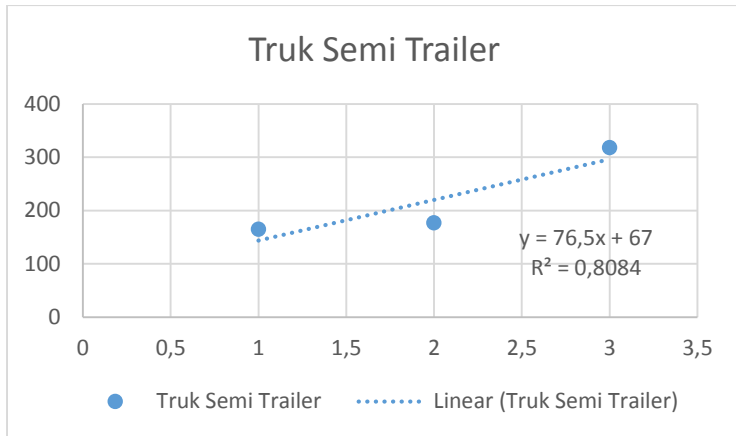
- Pertumbuhan lalu lintas truk semi trailer/trailer

**Tabel 4.16 Pertumbuhan Lalu Lintas Truk Semi Trailer/Trailer**

No.	Tahun (x)	LHR (y)	Persamaan Regresi (Y)	i	$i_{rata-rata}$	i (%)
1.	2009	165	143,5		0,44041	44,04
2.	2010	177	220	0,53310		
3.	2011	318	296,5	0,34773		

Jumlah				0,88083		
4.	2015		602,5	1,03204	0,11156	11,16
5.	2016		679	0,12697		
6.	2017		755,5	0,11267		
7.	2018		832	0,10126		
8.	2019		908,5	0,09195		
9.	2020		985	0,08420		
10.	2021		1061,5	0,07766		
11.	2022		1138	0,07207		
12.	2023		1214,5	0,06722		
13.	2024		1291	0,06299		
14.	2025		1367,5	0,05926		
15.	2026		1444	0,05594		
16.	2027		1520,5	0,05298		
17.	2028		1597	0,05031		
18.	2029		1673,5	0,04790		
19.	2030		1750	0,04571		
20.	2031		1826,5	0,04371		
21.	2032		1903	0,04188		
22.	2033		1979,5	0,04020		
23.	2034		2056	0,03865		
24.	2035		2132,5	0,03721		
J u m l a h				2,34279		

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*



Gambar 4.11 Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas Truk Semi Trailer/Trailer

Dari gambar 5.11 diperoleh  $R^2 = 0,8084$  dimana  $R^2$  adalah koefisien determinasi berganda yang digunakan untuk mengukur kontribusi seluruh variabel ( $x_1, x_2, \dots, x_3$ ) terhadap variabel terikat ( $y$ ), sehingga dapat diperoleh nilai persamaan regresinya dan angka pertumbuhan lalu lintas rata-rata sebesar 11,16%.

Dari hasil perhitungan pertumbuhan lalu lintas dari setiap kendaraan, didapatkan hasil rekapitulasi pertumbuhan lalu lintas  $i$  (%) tiap jenis kendaraan dari tahun 2009, 2010, dan 2014.

**Tabel 4.17 Rekapitulasi Pertumbuhan Lalu Lintas Tiap Kendaraan**

No.	Jenis Kendaraan	Persamaan	$i$ (%)
1.	Sepeda motor (MC)	$y = 2076x - 4160250$	7,78%
2.	Mobil pribadi (LV)	$y = 891x - 1786535$	8,65%

3.	Angkatan umum (LV)	$y = 1083x - 2170518$	7,92%
4.	Pick up (LV)	$y = 731x - 1465729$	8,66%
5.	Bus kecil (MHV)	$y = 53x - 105214$	3,21%
6.	Bus besar (LB)	$y = 15,5x - 31103$	10,40%
7.	Truk 2 sumbu $\frac{3}{4}$ " (LT)	$y = 225x - 449929$	5,75%
8.	Truk 2 sumbu (LT)	$y = 66,5x - 133404$	9,66%
9.	Truk 3 sumbu (LT)	$y = 35x - 70232$	10,38%
10.	Truk gandeng (LT)	$y = 80x - 160857$	11,54%
11.	Truk semi trailer (LT)	$y = 76,5x - 153545$	11,16%

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*

Dari tabel perhitungan pertumbuhan lalu lintas dapat diketahui pertumbuhan lalu lintas rata-rata pada semua jenis kendaraan kecuali sepeda motor adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \bar{i}_{\text{rata-rata}} &= \frac{\sum i}{n} \\
 &= \frac{7,78+8,65+7,92+8,66+3,21+10,40+5,75+9,66+10,38+11,54+11,16}{10} \\
 &= 8,73\%
 \end{aligned}$$

### 4.1.5 Harga Satuan Dasar Untuk Rencana Anggaran Biaya

No.	DESKRIPSI BAHAN	SATUAN	HARGA SATUAN	
			(Rp.)	
			PROBOLINGGO / malang MALANG	
I. UP AH KERJA				
1	Pekerja	jam	Rp	7.786
2	Tukang	jam	Rp	10.036
3	Mandor	jam	Rp	12.469
4	Operator	jam	Rp	14.769
5	Pembantu Operator	jam	Rp	11.401
6	Sopir / Driver	jam	Rp	13.554
7	Pembantu Sopir / Driver	jam	Rp	11.254
8	Mekanik	jam	Rp	14.851
9	Pembantu Mekanik	jam	Rp	12.551
10	Kepala Tukang	jam	Rp	12
11	Pemasak Aspal	jam	Rp	10
II. H ARG A BAHAN				
1	Pasir Beton (Kasar)	m3	Rp	132.500
2	Pasir Halus (untuk HRS)	m3	Rp	130.000
3	Pasir Pasang (Sedang)	m3	Rp	127.500
4	Pasir Urug	m3	Rp	127.500

5	Pasir Urug (ada unsur lempung)	m3	Rp	93.750
6	Sirtu	m3	Rp	100.000
7	Bahan Tanah Timbunan	m3	Rp	92.500
8	Bahan Pilihan	m3	Rp	95.000
9	Batu Belah / Kerakal	m3	Rp	118.750
10	Batu Kali	m3	Rp	162.500
11	Gravel	m3	Rp	157.500
12	Kapur	m3	Rp	507.500
13	Filler Cement	Kg	Rp	1.400
14	Aspal Minyak (Drum)	kg	Rp	9.561
15	Aspal Minyak (Curah)	kg	Rp	9.406
16	Asbuton Curah	Ton	Rp	360.000
17	Aspal Emulsi (CRS-I / R-65)	kg	Rp	9.706
18	Aspal Modifikasi (BNA)	kg	Rp	10.221
19	Aspal Modifikasi (JAP-57)	kg	Rp	11.006
20	Aspal Modifikasi (Retona)	kg	Rp	10.006
21	Aspal Modifikasi (Starbit)	kg	Rp	13.596
22	Aspal Modifikasi (STR-55)	kg	Rp	10.285
23	Bensin	ltr	Rp	9.600
24	Solar (Industri)	ltr	Rp	10.800
25	Kerosen / Minyak Tanah	ltr	Rp	12.100
26	Bunker Oil	ltr	Rp	3.500
27	Minyak Fluks	ltr	Rp	6.800
28	Minyak Pelumas / Olie	ltr	Rp	34.400
29	Thinner	ltr	Rp	21.500

30	Semen / PC (50kg)	zak	Rp	68.600
31	Semen / PC (40 kg)	kg	Rp	1.400
32	Chipping	m3	Rp	161.250
33	Chipping (kg)	kg	Rp	200.000
34	Besi Beton	kg	Rp	9.000
35	Baja Bergelombang	kg	Rp	13.200
36	Baja Prategang	kg	Rp	17.900
37	Baja Struktur (H Beam 400 x 400 x 13 x21 mm - 12 M )	kg	Rp	26.200
38	Baja Tulangan (Polos) U25	kg	Rp	9.716
39	Baja Tulangan (Polos) U32	kg	Rp	9.668
40	Baja Tulangan (Polos) U36	kg	Rp	9.714
41	Baja Tulangan (Ulir) D16	kg	Rp	9.696
42	Baja Tulangan (Ulir) D19	kg	Rp	9.698
43	Baja Tulangan (Ulir) D32	kg	Rp	9.668
44	Baja Tulangan (Ulir) D36	kg	Rp	9.714
45	Kawat Beton/ Bindrat	kg	Rp	15.400
46	Kawat Bronjong (Gabion Matress)	kg	Rp	16.700
47	Paku	kg	Rp	15.400
48	Pipa Baja D10"	kg	Rp	15.200
49	Pipa Galvanis Dia 1,5" L=6,00 m - SCH 40	m'	Rp	75.625
50	Pipa Galvanis Dia 2" L=6,00 m - SCH 40	m'	Rp	78.750
51	Pipa Galvanis Dia 3" L=6,00 m - SCH 40	m'	Rp	172.500
52	Pipa Porus	m'	Rp	40.625
53	Pipa Drainase Baja Dia 3 "	batang	Rp	226.000

54	Pipa PVC Dia 4"	batang	Rp	131.000
55	Agregat Pecah Mesin 0-5 mm	m3	Rp	138.750
56	Agregat Pecah Mesin 20-30 mm	m3	Rp	143.750
57	Agregat Pecah Mesin 5-10 & 10-20 mm	m3	Rp	137.500
58	Bahan Agr.Base Kelas A	m3	Rp	128.750
59	Bahan Agr.Base Kelas B	m3	Rp	125.000
60	Bahan Agr.Base Kelas C	m3	Rp	122.500
61	Bahan Agr.Base Kelas C2	m3	Rp	121.250
62	Bahan Agr.Base Kelas S (Super)	m3	Rp	121.250
63	Additive (Additive Cement *CMB*)	liter	Rp	138.750
64	Anchorage	pcs	Rp	143.750
65	Anti Pengelupasan	liter	Rp	137.500
66	Arbocell	kg	Rp	128.750
67	Assetilline	botol	Rp	125.000
68	Bahan pengawet: kreosot	liter	Rp	122.500
69	Batu Bara	kg	Rp	121.250
70	- Beton K-125	m3	Rp	795.000
71	- Beton K-175	m3	Rp	835.000
72	- Beton K-250	m3	Rp	885.000
73	- Beton K-300	m3	Rp	985.000
74	- Beton K-350	m3	Rp	1.015.000
75	- Beton K-400	m3	Rp	1.055.000
76	- Beton K-500	m3		1,115,000
77	Casing	m2	Rp	10.700
78	Cat	kg	Rp	45.400



79	Cat Anti Karat	kg	Rp	47.400
80	Cat Marka (Non Thermoplas)	kg	Rp	60.400
81	Cat Marka (Thermoplastic)	kg	Rp	45.400
82	Cerucuk diameter 10 - 15 cm	m'	Rp	24.900
83	Curing Compound	liter	Rp	42.400
84	Ducting (Kabel Prestress)	m'	Rp	155.400
85	Ducting (Strand Prestress)	m'	Rp	135.400
86	- Elastomer jenis 1 (35x30x3,6 Cm)	Pcs	Rp	401.100
87	- Elastomer jenis 2 (40x35x3,9 Cm)	Pcs	Rp	451.100
88	- Elastomer jenis 3 (45x40x4,5 Cm)	Pcs	Rp	601.100
89	Expansion Cap	m'	Rp	7.900
90	Expansion Join Baja Siku	m'	Rp	1.690.000
91	Expansion Join Tipe Rubber	m'	Rp	1.231.100
92	Expansion Join Tipe Torma	m'	Rp	1.411.100
93	Expansion Tipe Join Asphaltic Plug	m'	Rp	1.731.100
94	Gebalan Rumpit	m2	Rp	12.200
95	Geotextile Woven (4mx150mx0,7 mm) 53/52 kN/m	m2	Rp	22.200
96	Geotextile Non Woven (4m x 50m 0,4mm) 26 kN/m	m2	Rp	33.700
97	Glass Bead	kg	Rp	35.700
98	Jonit Sealent	kg	Rp	36.300
99	Joint Socket Pile 16x16x16	set	Rp	68.300
100	Joint Socket Pile 35x35	set	Rp	615.000
101	Kawat Las	doz	Rp	125.200
102	Kayu Acuan (40/60, 50/70, 30/300)	m3	Rp	1.544.300

103	Kayu Perancah	m3	Rp	2.143.300
104	Kerb Pracetak Type 1 (peninggi)	Pcs	Rp	70.100
105	Kerb Pracetak Type 2 (penghalang / Barrier)	Pcs	Rp	54.400
106	Marmer Nama Jembatan	Pcs	Rp	385.200
107	Mata Kucing	Pcs	Rp	125.200
108	Matras Concrete (Tebal = 10 cm)	m2	Rp	110.000
109	Mini Pile 16x16x16	m'	Rp	110.200
110	Mini Timber Pile (Jati diameter 15 cm ~ 20 cm, L=2,00m)	m'	Rp	28.000
111	- Multipleks 12 mm - 1220 mm x 2440 mm	lembar	Rp	125.200
112	Oxygen ( Isi 6 M3)	botol	Rp	167.200
113	Paving Block (Model Bata 8 Cm)	m2	Rp	73.700
114	- PCI Girder L=16m, H=0,90 m (K500)	Pcs	Rp	53.600.000
115	- PCI Girder L=20 m, H=1,25 m (K500)	Pcs	Rp	75.100.000
116	- PCI Girder L=25 m, H=1,60 m (K500)	Pcs	Rp	124.700.000
117	- PCI Girder L=30m, H=1,70 m (K500)	Pcs	Rp	190.000.000
118	- PCI Girder L=35m, H=2,10 m (K500)	Pcs	Rp	241.500.000
119	- PCI Girder L=40m, H=2,10 m (K700)	Pcs	Rp	283.000.000
120	Pelat Rambu (Eng.Grade)	Pcs	Rp	250.200
121	Pelat Rambu (High I. Grade)	Pcs	Rp	285.200
122	Pemantul Cahaya (Reflector)	Pcs	Rp	39.700
123	Plastik Filter	m2	Rp	16.400
124	Polytene 125 mikron	kg	Rp	21.800
125	Rel Pengaman	m'	Rp	476.600

126	Strip Bearing	Pcs	Rp	255.200
127	Tiang Pancang Baja Diameter 400	m'	Rp	810.000
128	Tiang Pancang Beton Ø 400 (K600 Kelas A2)	m'	Rp	725.000
129	Box Culvert (gorong-gorong persegi) precast 150 cm x 150 cm x 120 cm	Pcs	Rp	12.200.000
130	Box Culvert type DUB 200 cm x 200 cm x 120 cm	Pcs	Rp	16.850.000
131	Saluran U-Ditch tipe DS I (80x80x120)	Pcs	Rp	1.880.000

### III. HARGA ALAT

1	ASPHALT MIXING PLANT	jam	Rp	7.181.837
2	ASPHALT FINISHER	jam	Rp	1.481.461
3	ASPHALT SPRAYER	jam	Rp	107.935
4	BULLDOZER 100-150 HP	jam	Rp	888.938
5	COMPRESSOR 4000-6500 L/M	jam	Rp	179.519
6	CONCRETE MIXER 0.3-0.6 M3	jam	Rp	103.754
7	CRANE 10-15 TON	jam	Rp	389.447
8	DUMP TRUCK 3-4 M3	jam	Rp	298.352
9	DUMP TRUCK	jam	Rp	631.771
10	EXCAVATOR 80-140 HP	jam	Rp	615.925
11	FLAT BED TRUCK 3-4 M3	jam	Rp	502.279
12	GENERATOR SET	jam	Rp	489.154
13	MOTOR GRADER >100 HP	jam	Rp	778.053
14	TRACK LOADER 75-100 HP	jam	Rp	462.259
15	WHEEL LOADER 1.0-1.6 M3	jam	Rp	584.063
16	THREE WHEEL ROLLER 6-8 T	jam	Rp	247.122

17	TANDEM ROLLER 6-8 T.	jam	Rp	554.930
18	TIRE ROLLER 8-10 T.	jam	Rp	548.295
19	VIBRATORY ROLLER 5-8 T.	jam	Rp	554.930
20	CONCRETE VIBRATOR	jam	Rp	39.973
21	STONE CRUSHER	jam	Rp	814.338
22	WATER PUMP 70-100 MM	jam	Rp	43.995
23	WATER TANKER 3000-4500 L.	jam	Rp	262.757
24	PEDESTRIAN ROLLER	jam	Rp	85.761
25	TAMPER	jam	Rp	169.117
26	JACK HAMMER	jam	Rp	45.824
27	FULVI MIXER	jam	Rp	1.293.846
28	CONCRETE PUMP	jam	Rp	295.942
29	TRAILER 20 TON	jam	Rp	548.144
30	PILE DRIVER + HAMMER	jam	Rp	188.231
31	CRANE ON TRACK 35 TON	jam	Rp	433.262
32	WELDING SET	jam	Rp	140.360
33	BORE PILE MACHINE	jam	Rp	410.759
34	ASPHALT LIQUID MIXER	jam	Rp	78.244
35	TRAILER 15 TON	jam	Rp	511.215
36	ROCK DRILL BREAKER	jam	Rp	56.745
37	COLD MILLING	jam	Rp	1.128.958
38	AGGREGAT (CHIP) SPREADER	jam	Rp	551.774
39	ASPHALT DISTRIBUTION	jam	Rp	395.755
40	SPLIT FORM PAVER	jam	Rp	552.750
41	CONCRETE PAN MIXER	jam	Rp	596.404
42	CONCRETE BREAKER	jam	Rp	652.142

43	ASPHALT TANKER	jam	Rp	532.758
44	CEMENT TANKER	jam	Rp	492.309
45	CONCRETE MIXER (350)	jam	Rp	80.242
46	VIBRATING RAMMER	jam	Rp	47.356
47	TRUK MIXER ( AGITATOR )	jam	Rp	631.273
48	BORE PILE MACHINE DIA 60	jam	Rp	413.018
49	CRANE ON TRACK 75 - 100TON	jam	Rp	1.747.748
50	BLENDING EQUIPMENT	jam	Rp	259.193
51	ASPHALT LIQUID MIXER (KAP 20000)	jam	Rp	151.077

*Sumber: Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional V*

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## **BAB V**

### **PENGOLAHAN DAN ANALISA DATA**

#### **5.1 Analisa Data Lalu Lintas**

##### **5.1.1 Analisa Kapasitas Jalan Kondisi Eksisting**

Dalam analisa kapasitas diperlukan hasil perhitungan kapasitas dasar ( $C_0$ ), menentukan faktor penyesuaian kapasitas akibat jalur lalu lintas ( $FC_w$ ), faktor penyesuaian akibat pemisah arah ( $FC_{sp}$ ) dan faktor penyesuaian akibat hambatan samping ( $FC_{sf}$ ), yang kemudian akan digunakan untuk menentukan nilai DS pada kondisi eksisting.

##### **5.1.1.1 Menentukan Kapasitas Dasar**

Kapasitas dasar jalan dapat ditentukan dengan melihat tipe alinyemen pada daerah perencanaan. Dari hasil perhitungan tipe alinyemen diatas, maka ruas jalan Turen – Bts. Kab. Lumajang Sta 0+000 – 3+000 direncanakan 2 lajur 2 arah tak terbagi (2/2 UD) adalah bukit dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\frac{\Delta H}{\sum \text{panjang jalan}} = \text{m/km}$$

$$\frac{89,634}{3} = 29,878 \text{ m/km}$$

**Tabel 5.1 Alinyemen Berdasarkan Lengkung Vertikal**

Tipe Alinyemen	Keterangan	Lengkung Vertikal Naik + Turun (m/km)
F	Datar	<10
R	Bukit	10 – 30
H	Gunung	>30

Sumber: MKJI 1997 hal. 6-40 untuk Jalan Luar Kota

Kemudian dari tabel kapasitas dasar pada jalan luar kota 2 lajur 2 arah tak terbagi (2/2 UD) untuk tipe alinyemen bukit didapatkan nilai  $C_0 = 3000$

**Tabel 5.2 Kapasitas Dasar Pada Jalan Luar Kota 2/2UD**

Tipe Jalan/Tipe Alinyemen	Kapasitas Dasar Tetap Kedua Arah (smp/jam)
Dua lajur tak terbagi:	
• Datar	3100
• Bukit	3000
• Gunung	2900

Sumber: MKJI 1997 hal. 6-65 untuk Jalan Luar Kota

### 5.1.1.2 Menentukan Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Jalur Lalu Lintas (FCw)

Dari tabel faktor penyesuaian akibat lebar jalur lalu lintas untuk tipe jalan 2/2 UD dengan



lebar efektif pada tabel sebesar 5 m, maka didapatkan nilai  $FC_w = 0,69$ .

**Tabel 5.3 Faktor Penyesuaian Akibat Lebar Jalur  
Lalu Lintas ( $FC_w$ )**

Tipe Jalan	Lebar Efektif Jalur Lalu Lintas ( $W_c$ ) (m)	$FC_w$
Empat lajur terbagi Enam lajur terbagi	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,03
Empat lajur tak terbagi	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,03
Dua lajur tak terbagi	Total kedua arah	
	5	0,69
	6	0,91
	7	1,00
	8	1,08
	9	1,15
	10	1,21
	11	1,27

Sumber: MKJI 1997 hal. 6-65 untuk Jalan Luar Kota

### 5.1.2.3 Menentukan Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah Arah

Sebelum menentukan FCsp ditentukan terlebih dahulu prosentase pemisah arah sesuai dengan MKJI 1997 hal. 6-67. Perhitungan prosentase pemisah arah ruas jalan Turen – Bts. Kab. Lumajang Sta 0+000 – 3+000 pada tahun 2015.

**Tabel 5.4 Data Lalu Lintas Harian (LHR) Ruas Turen-Bts. Kab. Lumajang Pada Tahun 2015 (Kend/Jr)**

No.	Jenis Kendaraan	Dari Turen	Dari Lumajang	Total
1.	Sepeda motor (MC)	2605	2519	5124
2.	Mobil pribadi (LV)	39	65	104
3.	Angkatan umum (LV)	364	318	682
4.	Pick up (LV)	266	267	533
5.	Bus kecil (MHV)	32	23	55
6.	Bus besar (LB)	1	0	1
7.	Truk 2 sumbu $\frac{3}{4}$ " (LT)	12	9	21
8.	Truk 2 sumbu (LT)	1222	1226	2448
9.	Truk 3 sumbu (LT)	1	3	4
10.	Truk gandeng (LT)	0	0	0
11.	Truk semi trailer (LT)	0	0	0
<b>J u m l a h</b>		<b>4542</b>	<b>4430</b>	<b>8972</b>

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*

- Turen – Bts. Kab. Lumajang  

$$\frac{4542}{8972} \times 100\% = 50,6\% \approx 50\%$$

- Bts. Kab. Lumajang – Turen

$$\frac{4430}{8972} \times 100\% = 49,3\% \approx 50\%$$

Dari tabel faktor penyesuaian pemisah arah untuk 2 lajur 2 arah tak terbagi (2/2 UD) dengan pemisah arah 50%-50% didapatkan nilai untuk FCsp = 1,00.

**Tabel 5.5 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah Arah (Fcsp)**

Pemisahan arah SP %-%		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FCsp	Dua-lajur 2/2	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
	Empat-lajur 4/2	1,00	0,975	0,95	0,92 5	0,90

Sumber: MKJI 1997 hal. 6-67 untuk Jalan Luar Kota

#### 5.1.2.4 Menentukan Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping (FCsf)

Berdasarkan data jalan dan hasil survey lapangan, maka dapat ditentukan bahwa pada ruas Turen – Bts. Kab. Lumajang terdapat pemukiman, pegunungan, dan penambangan sehingga kelas hambatan samping pada lokasi dapat digolongkan pada kelas rendah (L). Dari tabel faktor penyesuaian akibat hambatan

samping (FCsf) untuk tipe jalan 2 lajur 2 arah (2/2 UD) dengan kelas hambatan samping rendah dan dengan tidak adanya bahu pada jalan, sehingga nilai FCsf = 0,93.

**Tabel 5.6 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping (Fcsf)**

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	Faktor Penyesuaian Akibat Hambatan Samping dan Lebar Bahu (FCsf)			
		Lebar Bahu Efektif Ws (m)			
		≤ 0,5	1,0	1,5	≥ 2,0
4/2 D	VL	0,99	1,00	1,01	1,03
	L	0,96	0,97	0,99	1,01
	M	0,94	0,95	0,96	0,99
	H	0,90	0,92	0,95	0,97
	VH	0,88	0,90	0,93	0,96
2/2 UD 4/2 UD	VL	0,97	0,99	1,00	1,02
	L	0,93	0,95	0,97	1,00
	M	0,88	0,91	0,94	0,98
	H	0,84	0,87	0,91	0,95
	VH	0,80	0,83	0,88	0,93

#### 5.1.2.5 Menentukan Nilai Kapasitas (C)

Nilai kapasitas (C) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.1 seperti berikut:

$$C_o = 3000 \text{ smp/jam}$$

$$FC_w = 0,69$$

$$FC_{sp} = 1,00$$

$$FC_{sf} = 0,93$$

$$\begin{aligned} C &= C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \\ &= 3000 \text{ smp/jam} \times 1,00 \times 1,00 \times 0,93 \\ &= 1925,1 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

#### 5.1.2.6 Menentukan Derajat Kejenuhan (DS)

Rumus yang digunakan untuk menentukan nilai DS dapat menggunakan persamaan 2.2 sebagai berikut

$$DS = \frac{Q}{C} \leq 0,75$$

Dengan untuk mendapat nilai Q menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q = LHRT \times k \times emp$$

**Tabel 5.7 Perhitungan Derajat Kejenuhan (DS) Tahun 2015 Pada Kondisi Jalan Eksisting 2 Lajur 2 Arah Tak Terbagi (2/2 UD) Tahun 2017**

Tahun	Jenis Kendaraan	LHR	emp	Q	C	DS
2017	Sepeda Motor	459	0,5	230	1925,1	0,38
	Mobil Pribadi	41	1,0	41		
	Angkutan Umum	7	1,0	7		
	Pick Up	43	1,0	43		
	Bus Kecil	7	1,8	13		
	Bus Besar	0	1,6	0		
	Truk 2 Sumbu $\frac{3}{4}$	6	1,8	11		
	Truk 2 Sumbu	209	1,8	377		
	Truk 3 Sumbu	3	5,2	16		
	Truk Gandeng	0	5,2	0		
	Truk Trailler	0	5,2	0		
Jumlah				738		

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*

**Tabel 5.8 Perhitungan Derajat Kejenuhan (DS) Tahun 2015 Pada Kondisi Jalan Eksisting 2 Lajur 2 Arah Tak Terbagi (2/2 UD) Tahun 2037**

Tahun	Jenis Kendaraan	LHRT	emp	Q	C	DS
2037	Sepeda Motor	2075	0,5	1038	1925,1	2,28
	Mobil Pribadi	241	1,0	241		
	Angkutan Umum	51	1,0	51		
	Pick Up	250	1,0	250		
	Bus Kecil	27	1,8	49		
	Bus Besar	0	1,6	0		
	Truk 2 Sumbu $\frac{3}{4}$	34	1,8	62		
	Truk 2 Sumbu	1353	1,8	2436		
	Truk 3 Sumbu	51	1,8	266		
	Truk Gandeng	0	1,8	0		
	Truk Trailler	0	1,8	0		
Jumlah				4393		

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*

**Tabel 5.9 Rekapitulasi DS (2/2 UD)**

Tahun	DS
2017	0,38
2018	0,42
2019	0,46
2020	0,51
2021	0,55
2022	0,61
2023	0,66
2024	0,72
2025	0,79
2026	0,87

2027	0,95
2028	1,04
2029	1,13
2030	1,23
2031	1,35
2032	1,47
2033	1,61
2034	1,76
2035	1,92
2036	2,09
2037	2,28

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*

Hasil perhitungan derajat kejenuhan (DS) diatas pada kondisi eksisting yang tipe jalannya adalah 2/2 UD dengan lebar jalan 5 m pada tahun awal pelaksanaan diperlukan pelebaran jalan.

### **5.1.2 Analisa Kapasitas Jalan Kondisi Pelebaran**

Dalam analisa kapasitas diperlukan hasil perhitungan kapasitas dasar (Co), menentukan faktor penyesuaian kapasitas akibat jalur lalu lintas (FCw), faktor penyesuaian akibat pemisah arah (FCsp) dan faktor penyesuaian akibat hambatan samping (FCsf), yang kemudian akan digunakan untuk menentukan nilai DS pada kondisi eksisting.

#### **5.1.2.1 Menentukan Kapasitas Dasar**

Kapasitas dasar jalan dapat ditentukan dengan melihat tipe alinyemen pada daerah perencanaan. Dari

hasil perhitungan tipe alinyemen diatas, maka ruas jalan Turen – Bts. Kab. Lumajang Sta 0+000 – 3+000 direncanakan 2 lajur 2 arah tak terbagi (2/2 UD) adalah bukit dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\frac{\Delta H}{\sum panjangjalan} = \text{m/km}$$

$$\frac{89,634}{3} = 29,878 \text{ m/km}$$

**Tabel 5.10 Tipe Alinyemen Berdasarkan Lengkung Vertikal**

Tipe Alinyemen	Keterangan	Lengkung Vertikal Naik + Turun (m/km)
F	Datar	<10
R	Bukit	10 – 30
H	Gunung	>30

Sumber: MKJI 1997 hal. 6-40 untuk Jalan Luar Kota

Kemudian dari tabel kapasitas dasar pada jalan luar kota 2 lajur 2 arah tak terbagi (2/2 UD) untuk tipe alinyemen bukit didapatkan nilai  $C_o = 3000$



**Tabel 5.11 Kapasitas Dasar Pada Jalan Luar Kota  
2/2UD**

Tipe Jalan/Tipe Alinyemen	Kapasitas Dasar Tetap Kedua Arah (smp/jam)
Empat lajur terbagi:	
• Datar	1900
• Bukit	1850
• Gunung	1800
Empat lajur tak terbagi:	
• Datar	1700
• Bukit	1650
• Gunung	1600

*Sumber: MKJI 1997 hal. 6-65 untuk Jalan Luar Kota*

### 5.1.2.2 Menentukan Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Jalur Lalu Lintas (FCw)

Dari tabel faktor penyesuaian akibat lebar jalur lalu lintas untuk tipe jalan 2/2 UD dengan lebar efektif sebesar 3 m, maka didapatkan nilai  $FCw = 0,91$ .

**Tabel 5.12 Faktor Penyesuaian Akibat Lebar Jalur Lalu Lintas (F<sub>cw</sub>)**

Tipe Jalan	Lebar Efektif Jalur Lalu Lintas (W <sub>c</sub> ) (m)	FCw
Empat lajur terbagi	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,96

Enam lajur terbagi	3,50	1,00
	3,75	1,03
Empat lajur tak terbagi	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,03
Dua lajur tak terbagi	Total kedua arah	
	5	0,69
	6	0,91
	7	1,00
	8	1,08
	9	1,15
	10	1,21
	11	1,27

Sumber: MKJI 1997 hal. 6-65 untuk Jalan Luar Kota

### 5.1.2.3 Menentukan Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah Arah

Sebelum menentukan FCsp ditentukan terlebih dahulu prosentase pemisah arah sesuai dengan MKJI 1997 hal. 6-67. Perhitungan prosentase pemisah arah ruas jalan Turen – Bts. Kab. Lumajang Sta 0+000 – 3+000 pada tahun 2015.

**Tabel 5.13 Data Lalu Lintas Harian (LHR) Ruas Turen-Bts. Kab. Lumajang Pada Tahun 2015 (Kend/Jr)**

No.	Jenis Kendaraan	Dari Turen	Dari Lumajang	Total
-----	-----------------	------------	---------------	-------

1.	Sepeda motor (MC)	2605	2519	5124
2.	Mobil pribadi (LV)	39	65	104
3.	Angkatan umum (LV)	364	318	682
4.	Pick up (LV)	266	267	533
5.	Bus kecil (MHV)	32	23	55
6.	Bus besar (LB)	1	0	1
7.	Truk 2 sumbu $\frac{3}{4}$ " (LT)	12	9	21
8.	Truk 2 sumbu (LT)	1222	1226	2448
9.	Truk 3 sumbu (LT)	1	3	4
10.	Truk gandeng (LT)	0	0	0
11.	Truk semi trailer (LT)	0	0	0
<b>J u m l a h</b>		<b>4542</b>	<b>4430</b>	<b>8972</b>

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*

- Turen – Bts. Kab. Lumajang  

$$\frac{4542}{8972} \times 100\% = 50,6\% \approx 50\%$$
- Bts. Kab. Lumajang – Turen  

$$\frac{4430}{8972} \times 100\% = 49,3\% \approx 50\%$$

Dari tabel faktor penyesuaian pemisah arah untuk 2 lajur 2 arah tak terbagi (2/2 UD) dengan pemisah arah 50%-50% didapatkan nilai untuk  $FC_{sp} = 1,00$ .

**Tabel 5.14 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah Arah**

Pemisahan arah SP %-%		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FCsp	Dua-lajur 2/2	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
	Empat-lajur 4/2	1,00	0,975	0,95	0,92 5	0,90

*Sumber: MKJI 1997 hal. 6-67 untuk Jalan Luar Kota*

#### **5.1.2.4 Menentukan Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping (FCsf)**

Berdasarkan data jalan dan hasil survey lapangan, maka dapat ditentukan bahwa pada ruas Turen – Bts. Kab. Lumajang terdapat pemukiman, pegunungan, dan penambangan sehingga kelas hambatan samping pada lokasi dapat digolongkan pada kelas rendah (L). Dari tabel faktor penyesuaian akibat hambatan samping (FCsf) untuk tipe jalan 4 lajur 2 arah terbagi (4/2 D) dengan kelas hambatan samping rendah dan dengan lebar efektif bahu jalan 1,5 m, sehingga nilai  $FCsf = 0,93$ .

**Tabel 5.15 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping (FCsf)**

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	Faktor Penyesuaian Akibat Hambatan Samping dan Lebar Bahu (FCsf)			
		Lebar Bahu Efektif $W_s$ (m)			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	$\geq 2,0$
4/2 D	VL	0,99	1,00	1,01	1,03
	L	0,96	0,97	0,99	1,01
	M	0,94	0,95	0,96	0,99
	H	0,90	0,92	0,95	0,97
	VH	0,88	0,90	0,93	0,96
2/2 UD 4/2 UD	VL	0,97	0,99	1,00	1,02
	L	0,93	0,95	0,97	1,00
	M	0,88	0,91	0,94	0,98
	H	0,84	0,87	0,91	0,95
	VH	0,80	0,83	0,88	0,93

#### 5.1.2.5 Menentukan Nilai Kapasitas (C)

Nilai kapasitas (C) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.1 seperti berikut:

$$C_o = 1650 \text{ smp/jam} \times 4$$

$$= 6600 \text{ smp/jam}$$

$$FC_w = 0,91$$

$$FC_{sp} = 1,00$$

$$FC_{sf} = 0,95$$

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf}$$

$$= 7400 \text{ smp/jam} \times 0,91 \times 1,00 \times 0,97$$

$$= 5825,82 \text{ smp/jam}$$

### 5.1.2.5 Menentukan Derajat Kejenuhan (DS)

Rumus yang digunakan untuk menentukan nilai DS dapat menggunakan persamaan 2.2 sebagai berikut

$$DS = \frac{Q}{C} \leq 0,75$$

Dengan untuk mendapat nilai Q menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q = LHRT \times k \times emp$$

**Tabel 5.16 Perhitungan Derajat Kejenuhan (DS) Tahun 2015 Pada Kondisi Jalan pelebaran 4 Lajur 2 Arah (4/2 UD) Tahun 2017**

Tahun	Jenis Kendaraan	LHR	emp	Q	C	DS
2017	Sepeda Motor	469	0,4	184	5825,82	0,12
	Mobil Pribadi	41	1,0	45		
	Angkutan Umum	7	1,0	8		
	Pick Up	43	1,0	47		
	Bus Kecil	7	1,8	15		
	Bus Besar	0	1,6	0		
	Truk 2 Sumbu $\frac{3}{4}$	6	1,8	13		
	Truk 2 Sumbu	209	1,8	414		
	Truk 3 Sumbu	3	4,8	20		
	Truk Gandeng	0	4,8	0		
	Truk Trailler	0	4,8	0		
Jumlah				691		

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*

**Tabel 5.17 Perhitungan Derajat Kejenuhan (DS) Tahun 2015 Pada Kondisi Jalan Pelebaran 4 Lajur 2 Arah (4/2 UD) Tahun 2037**

Tahun	Jenis Kendaraan	LHR	emp	Q	C	DS
2037	Sepeda Motor	2075	0,4	830	5825,82	0,71
	Mobil Pribadi	241	1,0	241		
	Angkutan Umum	51	1,0	51		
	Pick Up	250	1,0	250		
	Bus Kecil	27	1,8	49		
	Bus Besar	0	1,6	0		
	Truk 2 Sumbu $\frac{3}{4}$	34	1,8	62		
	Truk 2 Sumbu	1353	1,8	2436		
	Truk 3 Sumbu	51	4,8	245		
	Truk Gandeng	0	4,8	0		
	Truk Trailler	0	4,8	0		
Jumlah				2037		

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*

**Tabel 5.18 Rekapitulasi DS (4/2 UD)**

Tahun	DS
2017	0,12
2018	0,13
2019	0,14
2020	0,16
2021	0,17
2022	0,19
2023	0,21
2024	0,23
2025	0,25
2026	0,27
2027	0,30
2028	0,32

2029	0,35
2030	0,39
2031	0,42
2032	0,46
2033	0,50
2034	0,55
2035	0,60
2036	0,65
2037	0,71

Hasil perhitungan derajat kejenuhan (DS) diatas pada kondisi pelebaran yang tipe jalannya adalah 4/2 UD dengan lebar jalan 12 m didapatkan DS pada awal umur rencana yaitu tahun 2017 = 0,12 dan akhir tahun rencana yaitu tahun 2037 = 0,71. Sehingga jalan ini berubah dari tipe jalan 2/2 UD dengan lebar 5 m menjadi 4/2 UD dengan lebar jalan 12 m.

## 5.2 Perencanaan Perkerasan Jalan

Dalam perencanaan jalan raya perlu dipertimbangkan aspek kenyamanan untuk itu perlu dilakukan kontrol geometrik jalan yang akan direncanakan

### 5.2.1 Kontrol Alinyemen

Untuk melakukan kontrol geometrik diperlukan rencana jari-jari lengkung minimum, dengan rumus:

$$R_{min} = \frac{V_r^2}{127 \times (e_{maks} + f)}$$



$$R_{min} = \frac{40^2}{127 \times (0,1 + 0,166)}$$

$$= 47,326 \text{ m}$$

#### a. Alinyemen Horisontal

Untuk kontrol alinyemen horizontal terdiri dari bagian lurus dan bagian lengkung (tikungan) yang berfungsi mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima oleh kendaraan saat melaju dengan kecepatan tertentu. Dari data yang ada pada ruas jalan Turen – Bts. Kab. Lumajang STA 0+000 – 3+000 terdapat beberapa tikungan sebagai berikut:

##### 1. Full Circle

Perhitungan pada STA 2+405

##### *Menentukan nilai Tc*

Nilai Tc dapat dihitung dengan persamaan :

$$Tc = Rc \tan \frac{1}{2} \Delta$$

$$= 250 \tan \frac{1}{2} 5,82^\circ$$

$$= 12,712 \text{ m}$$

##### *Menentukan nilai E*

Nilai E dapat dihitung dengan persamaan :

$$Ec = \tan \frac{1}{4} \Delta$$

$$= \tan \frac{1}{4} 5,82^\circ$$

$$= 0,32 \text{ m}$$

***Menentukan nilai Lc***

Nilai Lc dapat dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned} L_c &= \left( \frac{\Delta}{360} \right) 2\pi R \\ &= \left( \frac{5,82}{360} \right) 2\pi 250 \\ &= 25,382 \text{ m} \end{aligned}$$

***Kontrol***

Full Circle bisa dikontrol dengan :

$$\begin{aligned} L_c &< 2 T_c \\ 25,382 &< 2 \times 12,712 \\ 25,382 &< 25,424 \text{ ..... (ok)} \end{aligned}$$

**2. Spiral - Spiral**

Perhitungan pada STA 0+041,64

***Menentukan  $\Theta_s$*** 

nilai  $\Theta_s$  dapat dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned} \Theta_s &= \frac{1}{2} \Delta \\ &= \frac{1}{2} \times 119,63^\circ \\ &= 58.815^\circ \end{aligned}$$

***Menentukan Ls***

nilai  $L_s$  dapat dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned} L_s &= \frac{\theta_s \times \pi \times R}{90} \\ &= \frac{58.815 \times 3,14 \times 51}{90} \\ &= 106,431 \end{aligned}$$

### ***Menentukan nilai P dan K***

Menentukan nilai P dan K dihitung dengan persamaan:

### ***Menentukan nilai P***

Nilai P dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned} P &= \frac{L_s^2}{6 R_c} - R_c (1 - \cos \Theta_s) \\ &= \frac{106,431^2}{6 \times 55} - 51 (1 - \cos 58.815) \\ &= 11.661 \end{aligned}$$

### ***Menentukan nilai K***

Nilai K dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned} K &= L_s - \frac{L_s^2}{40 R_c} - R_c \sin \Theta_s \\ &= 106,431 - \frac{106,431^2}{40 \times 51} - 35 \sin 58.815 \\ &= 62,237 \end{aligned}$$

### ***Menentukan Ts***

Nilai Ts dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned}
 T_s &= (R+P) \tan \frac{1}{2} \Delta + K \\
 &= (51+11.661) \tan \frac{1}{2} 119,63 + 62,237 \\
 &= 169,9636
 \end{aligned}$$

### ***Menentukan Es***

Nilai Es dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned}
 E_s &= (R+P) \sec \frac{1}{2} \Delta - R \\
 &= (51+11.661) \sec \frac{1}{2} 119,63 - 51 \\
 &= 73,624
 \end{aligned}$$

### ***Kontrol***

Spiral – spiral dapat dikontrol dengan Pasaman :

$$\begin{aligned}
 2 L_s &< 2 T_s \\
 2 \times 106,431 &< 2 \times 169,9636 \\
 212,868 &< 339,9272 \dots\dots (ok)
 \end{aligned}$$

## **3. Spiral – Circle – Spiral**

Perhitungan pada STA 0+394,19

### ***Menentukan nilai Xs dan Ys***

Nilai Xs dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned}
 X_s &= L_s \left( 1 - \frac{L_s^2}{40 R c^2} \right) \\
 &= 37 \times \left( 1 - \frac{37^2}{40 \times 55^2} \right) \\
 &= 36,581
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y_s &= \frac{Ls^2}{6 Rc} \\
 &= \frac{37^2}{6 \times 55} \\
 &= 4,1485
 \end{aligned}$$

### ***Menentukan $\Theta_s$***

Nilai  $\Theta_s$  dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned}
 \Theta_s &= \frac{90 Ls}{\pi Rc} \\
 &= \frac{90 \times 37}{3,14 \times 35} \\
 &= 30,300
 \end{aligned}$$

### ***Menentukan nilai $P$***

Nilai  $P$  dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{Ls^2}{6 Rc} - Rc (1 - \cos \Theta_s) \\
 &= \frac{37^2}{6 \times 55} - 35 (1 - \cos 30,300) \\
 &= 1,0634
 \end{aligned}$$

### ***Menentukan nilai $K$***

Nilai  $K$  dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned}
 K &= Ls - \frac{Ls^2}{40 Rc} - Rc \sin \Theta_s \\
 &= 37 - \frac{37^2}{40 \times 55} - 35 \sin 30,300 \\
 &= 12,822
 \end{aligned}$$

### ***Menentukan $T_s$***

Nilai Ts dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned} Ts &= (R+P) \tan \frac{1}{2} \Delta + K \\ &= (35+1,0634) \tan \frac{1}{2} 96,446 \\ &= 81,596 \end{aligned}$$

### ***Menentukan Es***

Nilai Es dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned} Es &= (R+P) \sec \frac{1}{2} \Delta - Rc \\ &= (55+1,38) \sec \frac{1}{2} 96,446 - 55 \\ &= 19,873 \end{aligned}$$

### ***Menentukan Lc***

Nilai Lc dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned} Lc &= \frac{\Delta - 2\theta_s}{180} \times \pi Rc \\ &= \frac{96,446 - 2 \times 30,300}{180} \times 3,14 \times 55 \\ &= 55,548 \end{aligned}$$

### ***Menentukan L<sub>tot</sub>***

Nilai L<sub>tot</sub> dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned} Ltot &= Lc + 2Ls \\ &= 55,548 + (2 \times 37) \\ &= 129,548 \end{aligned}$$

### ***Kontrol***

Spiral – Circle – Spiral dapat dikontrol dengan :

$$L_{tot} < 2 T_s$$

$$129,548 < 2 \times 81,596$$

$$129,548 < 161,192 \text{ ..... (ok)}$$

### b. Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal merupakan perpotongan pada bidang vertikal dengan bidang permukaan jalan melalui semu jalan. Kelandaian diasumsikan bernilai positif (+) jika tanjakan dan bernilai negatif (-) jika turunan. Sebelum melakukan kontrol kita harus mengetahui jenis medan yang akan kita hitung dengan cara melakukan perhitungan  $\Delta H$  sebagai berikut.

$$\sum \frac{\Delta H}{\text{panjang jalan}}$$

STA	Elevasi	$\Delta H$
0+046,479	620,708	-0,582
0+243,786	621,29	
0+553,004	598,853	22,437
0+691,486	594,305	4,548
0+732,878	591,27	3,035
0+851,222	586,301	4,969
1+036,420	574,558	11,743
1+134,400	571,266	3,292
1+317,073	557,964	13,302
1+373,669	558,271	-0,307

1+549,705	553,597	4,674
1+832,144	553,978	-0,381
1+934,327	557,101	-3,123
2+129,371	556,5	0,601
2+230,004	557,287	-0,787
2+344,224	553,322	3,965
2+485,181	546,302	7,02
2+633,812	541,828	4,474
2+781,879	532,684	9,144
2+871,833	534,882	-2,198
2+949,803	531,074	3,808
	$\Sigma$	89,634

$$\Sigma \frac{89,634}{3} = 29,878$$

Hasil perhitungan yang didapatkan adalah  $h = 29,878 \approx 30$ , Maka menurut SNI perencanaan jalan raya apabila didapat hasil  $\Delta H \geq 30$  diklasifikasikan sebagai tipe jalan pegunungan

Dari data yang ada pada ruas jalan Turen – Bts. Kab. Lumajang STA 23+000 – 26+000 terdapat beberapa tikungan sebagai berikut:

### 1. Perhitungan cembung

Kecepatan rencana ( V ) = 40 km/jam  
 Jarak pandang henti ( S ) = 40 m (tabel)  
 Jarak pandang mendahului ( S ) = 200 (tabel)  
 Kelandaian Maksimum = 10%



$$\begin{aligned}
 \text{Perbedaan Aljabar \% ( A )} &= G2 - G1 \\
 &= 5,048 - 0,3 \\
 &= -4,748 \text{ (cembung)}
 \end{aligned}$$

***Mencari nilai L***

a. Berdasarkan JH ( jarak henti )

$$S < L$$

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{4,748 \times S^2}{200 \times (\sqrt{h1} + \sqrt{h2})^2} \\
 &= \frac{4,478 \times 40^2}{200 \times (\sqrt{1,05} + \sqrt{0,15})^2} \\
 &= 19,05 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$S > L$$

$$\begin{aligned}
 L &= 2 \times S - \frac{(\sqrt{h1} + \sqrt{h2})^2}{4,748} \\
 &= 2 \times 40 - \frac{(\sqrt{1,05} + \sqrt{0,15})^2}{7,485} \\
 &= -4 \text{ m (sesuai)}
 \end{aligned}$$

b. Berdasarkan JD ( jarak mendahului )

$$S < L$$

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{4,748 \times S^2}{200 \times (\sqrt{h1} + \sqrt{h2})^2} \\
 &= \frac{4,748 \times 200^2}{200 \times (\sqrt{1,05} + \sqrt{0,15})^2} \\
 &= 476,29 \text{ m (sesuai)}
 \end{aligned}$$

$$S > L$$

$$\begin{aligned}
 L &= 2 \times S - \frac{(\sqrt{h1} + \sqrt{h2})^2}{4,748} \\
 &= 2 \times 200 - \frac{(\sqrt{1,05} + \sqrt{0,15})^2}{7,485} \\
 &= 316 \text{ m}
 \end{aligned}$$

c. Berdasarkan Ketentuan Drainase

$$\begin{aligned} L &= 40 \times A \\ &= 40 \times 4,748 \\ &= 189,92 \text{ m} \end{aligned}$$

d. Berdasarkan Keluesan

$$\begin{aligned} L &= 0,6 \times V \\ &= 0,6 \times 40 \\ &= 24 \text{ m} \end{aligned}$$

### ***Mencari nilai EV***

Nilai EV ( pergeseran vertikal dari PPV ke bagian lengkung, untuk faktor lebih ekonomis dipilih L yang paling kecil.

$$\begin{aligned} EV &= \frac{A \times L}{800} \\ &= \frac{4,748 \times 20}{800} \\ &= 0,119\text{m} \end{aligned}$$

### ***Mencari Elevasi dan STA PLV***

$$\begin{aligned} \text{Elevasi PLV} &= \text{elevasi PPV} - \frac{1}{2} \times L \times G1 \\ &= 620,708 - \frac{1}{2} \times 20 \times (5,408 \\ &\quad /100) \end{aligned}$$

$$= 620,203$$

$$\begin{aligned} \text{STA PLV} &= \text{STA PPV renc.} - \frac{1}{2} \times L \\ &= 46,479 - \frac{1}{2} \times 20 \\ &= 36,479 \end{aligned}$$

Elevasi  $\frac{1}{4}$  L

$$y' = \frac{A}{200 \times L} \times x^2$$

$$= \frac{4,748}{200 \times 20} \times \left(\frac{1}{4} \times L\right)^2$$

$$= 0,03$$

Elevasi = elevasi reng. PPV + G1 x (1/4 L) –

y'

$$= 620,708 + 0,05 \times 5 - 0,03$$

$$= 620,931$$

### ***Mencari Elevasi PPV***

Elevasi = Elevasi rekn. – Ev

$$= 620,708 - 0,119$$

$$= 620,589$$

Elevasi  $\frac{3}{4}$  L

$$y' = \frac{A}{200 \times L} \times x^2$$

$$= \frac{4,748}{200 \times 20} \times \left(\frac{1}{4} \times L\right)^2$$

$$= 0,267$$

Elevasi = Elevasi renc. PPV + G2 x (1/4 L) – y'

$$= 620,708 + 0,003 \times 5 - 0,267$$

$$= 520,456$$

### ***Mencari Elevasi PTV***

Elevasi PTV = Elevasi renc. PPV +  $\frac{1}{2}$  L x G2

$$= 620,708 + 10 \times 0,003$$

$$= 620,738$$

$$\begin{aligned}
 \text{STA} &= \text{STA PPV} + \frac{1}{2} L \\
 &= 46,479 + 0,5 \times 20 \\
 &= 56,479
 \end{aligned}$$

## 2. Perhitungan Cekung

$$\begin{aligned}
 \text{Kecepatan rencana ( V )} &= 40 \text{ km/jam} \\
 \text{Jarak pandang henti ( S )} &= 40 \text{ m (tabel)} \\
 \text{Jarak pandang mendahului ( S )} &= 200 \text{ (tabel)} \\
 \text{Kelandaian Maksimum} &= 10\% \\
 \text{Perbedaan Aljabar \% ( A )} &= G_2 - G_1 \\
 &= -3,284 - (-7,185) \\
 &= 3,091 \text{ ( cekung )}
 \end{aligned}$$

### *Mencari nilai L*

a. Berdasarkan JH ( jarak henti )

$$S < L$$

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{A \times S^2}{150 + (3,5 \times S)} \\
 &= \frac{3,091 \times 40^2}{150 + (3,5 \times 40)} \\
 &= 21,55 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$S > L$$

$$\begin{aligned}
 L &= 2 \times S - \frac{150 + (3,5 \times S)}{A} \\
 &= 2 \times 40 - \frac{150 + (3,5 \times 40)}{3,091} \\
 &= 6 \text{ m (sesuai)}
 \end{aligned}$$

b. Berdasarkan JD ( jarak mendahului )

$$S < L$$

$$L = \frac{A \times S^2}{150 + (3,5 \times S)}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{3,091 \times 200^2}{150 + (3,5 \times 40)} \\
 &= 183,51 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$S > L$

$$\begin{aligned}
 L &= 2 \times S - \frac{150 + (3,5 \times S)}{A} \\
 &= 2 \times 200 - \frac{150 + (3,5 \times 200)}{3,091} \\
 &= 182 \text{ m (sesuai)}
 \end{aligned}$$

c. berdasarkan Kenyamanan Pengemudi

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{A \times V^2}{389} \\
 &= \frac{3,906 \times 40^2}{390} \\
 &= 16,024 \text{ m}
 \end{aligned}$$

d. berdasarkan Ketentuan Drainase

$$\begin{aligned}
 L &= 40 \times A \\
 &= 40 \times 3,906 \\
 &= 156,2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

e. Berdasarkan Keluwesan

$$\begin{aligned}
 L &= 0,6 \times V \\
 &= 0,6 \times 40 \\
 &= 24 \text{ m}
 \end{aligned}$$

***Mencari nilai EV***

Nilai EV ( pergeseran vertikal dari PPV ke bagian lengkung, untuk faktor lebih ekonomis dipilih L yang paling kecil.

$$\begin{aligned}
 EV &= \frac{A \times L}{800} \\
 &= \frac{3,906 \times 150}{800} \\
 &= 0,732 \text{ m}
 \end{aligned}$$

### ***Mencari Elevasi dan STA PLV***

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi PLV} &= \text{elevasi PPV} - \frac{1}{2} \times L \times G1 \\
 &= 598,853 - \frac{1}{2} \times 150 \times (7,19 / 100) \\
 &= 604,246
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{STA PLV} &= \text{STA PPV renc.} - \frac{1}{2} \times L \\
 &= 11309,94 - \frac{1}{2} \times 150 \\
 &= 11234,94
 \end{aligned}$$

Elevasi  $\frac{1}{4} L$

$$\begin{aligned}
 y' &= \frac{A}{200 \times L} \times x^2 \\
 &= \frac{3,906}{200 \times 150} \times \left(\frac{1}{4} \times L\right)^2 \\
 &= 0,183
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi} &= \text{elevasi reng. PPV} + G1 \times (1/4 L) - y' \\
 &= 598,853 + 0,0719 \times 37,5 - 0,183 \\
 &= 595,97
 \end{aligned}$$

### ***Mencari Elevasi PPV***

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi} &= \text{Elevasi recn.} - Ev \\
 &= 598,853 - 0,732 \\
 &= 598,122
 \end{aligned}$$

Elevasi  $\frac{3}{4} L$

$$\begin{aligned}
 y' &= \frac{A}{200 \times L} \times x^2 \\
 &= \frac{3,906}{200 \times 150} \times \left(\frac{1}{4} \times L\right)^2 \\
 &= 1,648
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi} &= \text{Elevasi renc. PPV} + G2 \times (1/4 L) - y' \\
 &= 589,853 + 0,032 \times 37,5 - 1,648 \\
 &= 597,439
 \end{aligned}$$

***Mencari Elevasi PTV***

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi PTV} &= \text{Elevasi renc. PPV} + \frac{1}{2} L \times G2 \\
 &= 598,853 + 75 \times 0,032 \\
 &= 596,39 \\
 \text{STA} &= \text{STA PPV} + \frac{1}{2} L \\
 &= 11309,94 + 0,5 \times 150 \\
 &= 628,004
 \end{aligned}$$

Tabel 5.19 Tabel Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kontrol Geometrik Horizontal

No	STA	Δ	R	Θs	Ls	Lc	P	K	Ts	Rrenc	Rmin	Es	Tc	Ltot	Tipe	KETERANGAN		perubahan Tipe	TINDAKAN
																R min	kontrol		
1	0+041,64	76,34	25	38,17	33,29272	0	3,974369	16,37536	39,14921	40	47,326	11,8546	-		S - S	tidak memenuhi	oke	-	rambu dan pengaman
2	0+152,03	28,86	45	14,43	22,6551	0	0,481316	11,30489	22,99359	40	47,326	1,962862	-		S - S	tidak memenuhi	oke	-	rambu dan pengaman
3	0+242,13	119,63	51	59,815	106,4308	0	11,66052	62,23722	169,9636	40	47,326	73,62471	-		S - S	memenuhi	oke	-	-
4	0+320,50	55,967	55	27,9835	53,69723	0	2,307104	27,86645	58,31601	40	47,326	9,894375	-		S - S	memenuhi	oke	-	-
5	0+394,19	39,99	55	19,995	38,36818	0	1,145698	19,54942	39,97923	40	47,326	4,747106	-		S - S	memenuhi	oke	-	-
6	0+480,62	96,46	55	19,2819	37	55,54801	1,063248	18,82671	81,59615	40	47,326	29,1611	-	129,548	S - C - S	memenuhi	oke	-	-
7	0+602,01	53,83	55	26,915	51,64689	0	2,125383	26,72817	55,72827	40	47,326	9,064961	-		S - S	memenuhi	oke	-	rambu dan pengaman
8	0+713,34	35,33	55	17,665	33,89717	0	0,888467	17,19787	34,99654	40	47,326	3,654179	-		S - S	memenuhi	oke	-	-
9	0+789,65	50,81	55	25,405	48,74937	0	1,882901	25,13396	52,15003	40	47,326	7,972474	-		S - S	memenuhi	oke	-	rambu dan pengaman
10	0+891,76	62,72	55	31,36	60,17636	0	2,938602	31,52368	66,83406	40	47,326	12,8506	-		S - S	memenuhi	oke	-	-
11	0+945,21	64,99	15	32,495	17,00572	0	0,864846	8,915194	19,02027	40	47,326	3,809729	-		S - S	tidak memenuhi	oke	-	rambu dan pengaman
12	1+006,35	52,3	55	26,15	50,17894	0	2,000462	25,91839	53,90433	40	47,326	8,500125	-		S - S	memenuhi	oke	-	-
13	1+128,81	64,12	70	32,06	78,29764	0	3,920968	41,10987	87,40853	40	47,326	17,22313	-		S - S	memenuhi	oke	-	-
14	1+243,61	32,82	85	8,767329	26	22,66477	0,332304	13,04177	38,17261	40	47,326	3,955953	-	74,66477	S - C - S	memenuhi	oke	-	-
15	1+350,07	30,94	105	9,55414	35	21,67177	0,488011	17,56938	46,76432	40	47,326	4,453484	-	91,67177	S - C - S	memenuhi	oke	-	-
16	1+416,21	25,04	55	12,52	24,02449	0	0,44114	12,0968	24,40811	40	47,326	1,791622	-		S - S	memenuhi	oke	-	-
17	1+503,85	31,86	90	11,1465	35	15,0202	0,570768	17,59758	43,44862	40	47,326	4,187793	-	85,0202	S - C - S	memenuhi	oke	-	-
18	1+558,38	29,72	55	14,86	28,51469	0	0,624446	14,40278	29,16172	40	47,326	2,549157	-		S - S	memenuhi	oke	-	-
19	1+611,28	60,31	55	13,02837	25	32,86409	0,47816	12,59599	44,82674	40	47,326	9,161108	-	82,86409	S - C - S	memenuhi	oke	-	-
20	1+709,72	77,63	55	38,815	74,48167	0	4,665229	39,96139	87,95919	40	47,326	21,57499	-		S - S	memenuhi	oke	-	-
21	1+785,41	65,98	55	32,99	63,30414	0	3,27579	33,32393	71,15421	40	47,326	14,47804	-		S - S	memenuhi	oke	-	-



22	1+840,51	54,94	55	27,47	52,71188	0	2,21871 1	27,3182 9	57,0664	40	47,326	9,48977 3	-		S - S	memenuhi	oke	-	-
23	1+911,03	70,77	20	35,385	24,69087	0	1,38591 3	13,0714 1	28,2611 6	40	47,326	6,23139	-		S - S	tidak memenuhi	oke	-	rambu dan pengaman
24	1+998,27	24,1	55	12,05	23,12261	0	0,40828 6	11,6361 1	23,4640 5	40	47,326	1,65667 1	-		S - S	memenuhi	oke	-	-
25	2+104,85	131,53	55	65,765	126,1957	0	15,8350 8	75,9112 9	233,269 3	40	47,326	117,566 4	-		S - S	memenuhi	oke	-	-
26	2+194,29	35,93	30	17,965	18,80337	0	0,50161 2	9,54046 6	19,4304 5	40	47,326	2,06493 5	-		S - S	tidak memenuhi	oke	-	rambu dan pengaman
27	2+244,5	88,37	55	44,185	84,78611	0	6,22401 1	46,3929 4	105,899 5	40	47,326	30,3780 5	-		S - S	memenuhi	oke	-	-
28	2+297,35	94,99	55	47,495	91,13763	0	7,33090 1	50,5219 7	118,532 3	40	47,326	37,2526 2	-		S - S	memenuhi	oke	-	-
29	2+405	5,82	250	2,91	-	25,3816 7	-	-	-	40	47,326	-	12, 7		F C	memenuhi	oke	-	-
30	2+508,22	32,9	70	12,6933 6	31	9,17455 6	0,57729 7	15,6137 8	36,4527 5	40	47,326	3,58952 1	-	71,1745 6	S - C - S	memenuhi	oke	-	-
31	2+599,68	32,99	55	13,5495 1	26	5,65207 2	0,51771 6	13,1087 1	29,5485 4	40	47,326	2,90064 5	-	57,6520 7	S - C - S	memenuhi	oke	-	-
32	2+690,81	37,71	55	18,855	36,18065	0	1,01545 7	18,3952 5	37,5244 9	40	47,326	4,19171 6	-		S - S	memenuhi	oke	-	-
33	2+780,56	101,26	55	50,63	97,15334	0	8,49026 1	54,5567 2	131,933 6	40	47,326	45,0909 3	-		S - S	memenuhi	oke	-	-
34	2+826,65	80,04	55	40,02	76,79393	0	4,99073 2	41,3771 7	91,7510 7	40	47,326	23,3352 9	-		S - S	memenuhi	oke	-	-
35	2+937,88	77,68	55	38,84	74,52964	0	4,67184 5	39,9906 1	88,0366 4	40	47,326	21,6103 7	-		S - S	memenuhi	oke	-	-
36	2+998,53	103,74	55	51,87	99,53277	0	8,98015 1	56,1872 4	137,696 2	40	47,326	48,6203 3	-		S - S	memenuhi	oke	-	-

Tabel 5.20 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kontrol Geometrik Vertikal

G1	G2	keland. max	A	tipe alinyemen vertikal	jarak pandang henti		jarak pandan g		keluwesa n	kenyaman an	draina se	Ev	PLV		elevasi 1/4 L		PPV	elevasi 3/4 L		PTV	
					S < L	S > L	S < L	S > L					Elevasi	STA	y'	elevasi	elevas i	y'	elevasi	elevasi	STA
5,04 8	0,3	10	- 4,74 8	cembung	19,05	-4	476,29	316	24	19,5	189,92	0,11 87	620,20 32	36,47 9	0,0296 75	620,93 07	620,5 89	0,0296 75	620,69 33	620,73 8	56,479
0,3	- 7,18 5	10	- 7,48 5	cembung	30,03	27	750,86	347	24	30,7	299,4	0,70 17	621,17 75	203,2 41	0,1754 3	621,17 08	620,5 88	0,1754 3	619,76 74	618,59 56	278,24 1
- 7,18 5	- 3,28 4	10	3,90 1	cekung	21,52	6	183,58	182	24	16,0	156,04	0,73 14	604,24 18	478,0 04	0,1828 59	595,97 58	598,1 22	0,1828 59	597,43 86	596,39	628,00 4
- 3,28 4	- 7,33 3	10	- 4,04 9	cembung	16,25	-18	406,17	302	24	16,6	161,96	0,07 59	594,55 13	683,9 86	0,0189 8	594,16 29	594,2 29	0,0189 8	594,01 1	593,75 5	698,98 6
- 7,33 3	- 4,19 9	10	3,13 4	cekung	17,29	-13	147,48	129	24	12,9	125,36	0,05 88	591,82	725,3 78	0,0146 91	590,98 03	591,2 11	0,0146 91	591,09 78	590,95 51	740,37 8
- 4,19 9	- 6,34 1	10	- 2,14 2	cembung	8,59	-106	214,87	214	24	8,8	85,68	0,04 02	586,61 59	843,7 22	0,0100 41	586,13 35	586,2 61	0,0100 41	586,05 32	585,82 54	858,72 2
- 6,34 1	- 3,35 9	10	2,98 2	cekung	16,45	-17	140,33	115	24	12,2	119,28	0,18 64	576,14 33	1011, 42	0,0465 94	573,71 88	574,3 72	0,0465 94	574,09 15	573,71 83	1061,4 2
- 3,35 9	- 7,28 2	10	- 3,92 3	cembung	15,74	-22	393,53	298	24	16,1	156,92	0,36 78	572,52 56	1096, 9	0,0919 45	570,54 42	570,8 98	0,0919 45	569,80 87	568,53 53	1171,9
- 7,28 2	0,54 2	10	7,82 4	cekung	43,17	43	368,19	291	24	32,1	312,96	0,19 56	558,69 22	1307, 07	0,0489	557,55 1	557,7 68	0,0489	557,94 22	558,01 82	1327,0 73
0,54 2	- 2,65 5	10	- 3,19 7	cembung	12,83	-45	320,71	275	24	13,1	127,88	0,07 99	558,21 68	1363, 67	0,0199 81	558,27 81	558,1 91	0,0199 81	558,11 83	558,00 55	1383,6 67
- 2,65 5	0,13 5	10	2,79	cekung	15,39	-24	131,29	95	24	11,4	111,6	0,62 78	555,98 65	1459, 71	0,1569 38	552,24 53	552,9 69	0,1569 38	553,50 08	553,71 85	1639,7 05
0,13 5	3,05 6	10	2,92 1	cekung	16,12	-19	137,46	109	24	12,0	116,84	0,18 26	553,94 43	1807, 14	0,0456 41	553,94 92	553,7 95	0,0456 41	554,31 44	554,74 2	1857,1 44
3,05 6	- 0,30 8	10	- 3,36 4	cembung	13,50	-39	337,46	281	24	13,8	134,56	0,21 03	556,33 7	1909, 33	0,0525 63	557,43 04	556,8 91	0,0525 63	557,00 99	557,02 4	1959,3 27
- 0,30 8	0,78 2	10	1,09	cekung	6,01	-186	51,29	-380	24	4,5	43,6	0,13 63	556,65 4	2079, 37	0,0340 63	556,38 89	556,3 64	0,0340 63	556,66 14	556,89 1	2179,3 71
0,78 2	- 3,47 2	10	- 4,25 4	cembung	17,07	-14	426,74	306	24	17,5	170,16	0,26 59	557,09 15	2205	0,0664 69	557,31 83	557,0 21	0,0664 69	556,78 65	556,41 9	2255,0 04

- 3,47 2	- 4,98 1	10	- 1,50 9	cembung	6,05	-184	151,37	136	24	6,2	60,36	0,04 72	553,75 6	2331, 73	0,0117 89	553,09 32	553,2 75	0,0117 89	552,99 89	552,69 94	2356,7 29
- 4,98 1	-3,01	10	1,97 1	cekung	10,87	-67	92,75	-31	24	8,1	78,84	0,18 48	548,16 99	2447, 68	0,0461 95	545,32 19	546,1 17	0,0461 95	545,69 14	545,17 33	2522,6 81
-3,01	- 6,17 5	10	- 3,16 5	cembung	12,70	-46	317,50	274	24	13,0	126,6	0,47 48	543,63 4	2573, 81	0,1186 88	540,80 63	541,3 53	0,1186 88	539,85 68	538,12 3	2693,8 12
- 6,17 5	2,44 8	10	8,62 3	cekung	47,58	46	405,79	301	24	35,4	344,92	0,80 84	534,99 96	2744, 38	0,2021 02	531,32 41	531,8 76	0,2021 02	532,94 09	533,60 2	2819,3 79
2,44 8	-4,89	10	- 7,33 8	cembung	29,44	26	736,11	346	24	30,1	293,52	0,45 86	534,27 5	2846, 83	0,1146 56	535,07 83	534,4 28	0,1146 56	534,16 11	533,66 45	2896,8 33
-4,89	- 0,02 6	10	4,86 4	cekung	26,84	20	228,89	225	24	20,0	194,56	0,12 16	531,56 3	2939, 8	0,0304	530,79 91	530,9 52	0,0304	531,04 23	531,07 14	2959,8 03

## 5.3 Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku

### 5.3.1 Analisa Lalu Lintas

Pertumbuhan lalu lintas sampai akhir umur rencana didapatkan dari perhitungan rata-rata pertumbuhan volume lalu lintas masing-masing jenis kendaraan.

Bus kecil	: 3,21%
Bus besar	: 10,40%
Truk 2 sumbu $\frac{3}{4}$	: 5,75%
Truk 2 sumbu	: 9,66%
Truk 3 sumbu	: 10,38%
Truk gandeng	: 11,54%

Dari nilai pertumbuhan lalu lintas (i) masing-masing kendaraan diatas akan digunakan untuk menentukan faktor pertumbuhan lalu lintas (R) untuk mendapatkan nilai Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) dari masing-masing jenis kendaraan.

Untuk perkerasan kaku, beban lalu lintas rencana yang diperhitungkan adalah beban kendaraan niaga dengan berat  $\geq 5$  ton. Oleh karena itu kendaraan seperti sepeda motor, mobil, dan angkutan umum tidak masuk dalam perhitungan.

**Tabel 5.21 Data Muatan Dan Pengelompokan Kendaraan  
Niaga**

No.	Jenis Kendaraan	Pengelompokan Dalam Perhitungan	Berat Total Max. (Kg)
1.	Kendaraan ringan	Mobil penumpang	2000
2.	Bus besar	Bus	9000
3.	Truk 2 As $\frac{3}{4}$ atau Bus kecil	Truk 2 As $\frac{3}{4}$	8300
4.	Truk 2 As	Truk 2 As	18200
5.	Truk 3 As	Truk 3 As	25000
6.	Trailler	Trailler	42000
7.	Truk gandeng	Truk gandeng	31000

*Sumber: Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Propinsi Jawa Timur*

**Tabel 5.22 Pembagian Beban Sumbu/As (Berdasarkan  
Pengukuran Beban)**

No.	Jenis Kendaraan	Bebas As	Jenis As
1.	Mobil penumpang 2 ton	1 1	STRT STRT
2.	Bus 9 ton	3,06 5,94	STRT STRG
3.	Truk 2 As $\frac{3}{4}$ atau Bus kecil 8,3 ton	2,82 5,48	STRT STRG
4.	Truk 2 As 18,2 ton	6,19 12,01	STRT STRG
5.	Truk 3 As 25 ton	6,25 18,75	STRT STdRG
6.	Trailler 42 ton	7,56 11,76 22,68	STRT STRG STdRG

7.	Truk gandeng 31 ton	5,02	STRT
		11,30	STRG
		7,54	STRG
		7,54	STRG

Sumber: Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Propinsi Jawa Timur

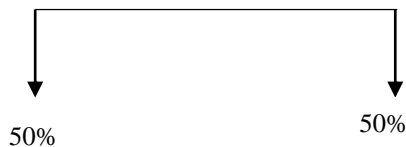
#### 4.2.3.1.1 Perhitungan Data Muatan Maksimum Kendaraan

Dalam survey muatan maksimum kendaraan digunakan untuk mengetahui angka ekuivalen untuk tiap-tiap jenis kendaraan, berikut ini penjelasan perhitungan distribusi beban sumbu pada tiap-tiap jenis kendaraan:

##### a. Mobil penumpang

Muatan maksimal = 2000 kg = 2 ton.

Total 2 ton dengan distribusi beban sumbu sebagai berikut:



Beban sumbu depan (STRT) = 50% x 2 ton  
= 1 ton

Beban sumbu belakang (STRG) = 50% x 2 ton  
= 1 ton

##### b. Truk 2 As $\frac{3}{4}$ atau bus kecil

Muatan maksimal = 8300 kg = 8,3 ton.

Total 8,3 ton dengan distribusi beban sumbu sebagai berikut:



$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu depan (STRT)} &= 34\% \times 8,3 \text{ ton} \\ &= 2,82 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu belakang (STRG)} &= 66\% \times 8,3 \text{ ton} \\ &= 5,48 \text{ ton}\end{aligned}$$

**c. Bus besar**

Muatan maksimal = 9000 kg = 9 ton.

Total 9 ton dengan distribusi beban sumbu sebagai berikut:



$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu depan (STRT)} &= 34\% \times 9 \text{ ton} \\ &= 3,06 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu belakang (STRG)} &= 66\% \times 9 \text{ ton} \\ &= 5,94 \text{ ton}\end{aligned}$$

**d. Truk 2 As**

Muatan maksimal = 18200 kg = 18,2 ton.

Total 18,2 ton dengan distribusi beban sumbu sebagai berikut:



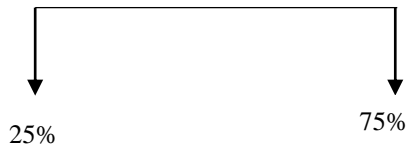
$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu depan (STRT)} &= 34\% \times 18,2 \text{ ton} \\ &= 6,19 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu belakang (STRG)} &= 66\% \times 18,2 \text{ ton} \\ &= 12,01 \text{ ton}\end{aligned}$$

**e. Truk 3 As**

Muatan maksimal = 25000 kg = 25 ton.

Total 25 ton dengan distribusi beban sumbu sebagai berikut:



$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu depan (STRT)} &= 25\% \times 25 \text{ ton} \\ &= 6,25 \text{ ton}\end{aligned}$$

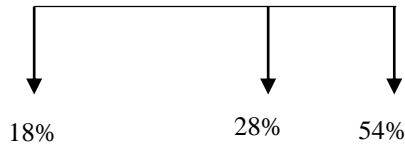
$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu belakang (STRG)} &= 75\% \times 25 \text{ ton} \\ &= 18,75 \text{ ton}\end{aligned}$$

**f. Truk trailer**

Muatan maksimal = 42000 kg = 42 ton.



Total 25 ton dengan distribusi beban sumbu sebagai berikut:



$$\begin{aligned} \text{Beban sumbu depan (STRT)} &= 18\% \times 42 \text{ ton} \\ &= 7,56 \text{ ton} \end{aligned}$$

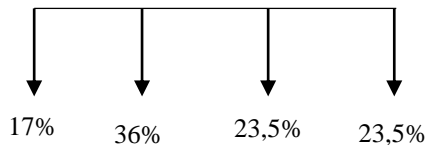
$$\begin{aligned} \text{Beban sumbu belakang (STRG)} &= 28\% \times 42 \text{ ton} \\ &= 11,76 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban sumbu belakang (STdRG)} &= 54\% \times 42 \text{ ton} \\ &= 22,68 \text{ ton} \end{aligned}$$

**g. Truk gandeng**

Muatan maksimal = 31000 kg = 31 ton.

Total 31 ton dengan distribusi beban sumbu sebagai berikut:



$$\begin{aligned} \text{Beban sumbu depan (STRT)} &= 17\% \times 31 \text{ ton} \\ &= 5,02 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban sumbu belakang (STRG)} &= 36\% \times 31 \text{ ton} \\ &= 11,30 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban sumbu belakang (STRG)} &= 23,5\% \times 31 \text{ ton} \\ &= 7,54 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu belakang (STRG)} &= 23,5\% \times 31 \text{ ton} \\ &= 7,54 \text{ ton}\end{aligned}$$

Berikut ini adalah tabel distribusi beban as pada masing-masing sumbu kendaraan dan volume lalu lintas pada awal umur rencana tahun 2015 (2/2 UD):

**Tabel 5.23 Data Lalu Lintas Rata-Rata Pada Tahun 2017**

Jenis Kendaraan	Beban Sumbu	Jumlah (bh)
Kendaraan ringan	1+1	62
Bus kecil	3,06 + 5,94	30
Bus besar	4,86 + 9,44	2
Truk 2 as $\frac{3}{4}$	2,82 + 5,48	1473
Truk 2 as	6,19 + 12,01	13
Truk 3 as	6,25 + 18,75	4
Trailer	7,56 + 11,76 + 22,68	0
Truk gandeng	5,02 + 11,30 + 7,54 + 7,54	0

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*

**Tabel 5.24 Perhitungan Jumlah Sumbu Berdasarkan Jenis Dan Bebannya**

Jenis Kendaraan	Konfigurasi Beban				Jml. Kend.	Jml. Sumbu per Kend.	Jml. Sumbu	STRT		STRG		STdRG	
	RD	RB	RGD	RGB				BS	JS	BS	JS	BS	JS
1	2				3	4	5	6	7	8	9	10	11
Bus kecil	3,06	5,94			30	2	60	3,06	30	5,94	30		
Bus besar	4,86	9,44			2	2	4	4,86	2	9,44	2		
Truk 2 As $\frac{3}{4}$	2,82	5,48			1473	2	2946	2,82	1473				
								5,48	1473				
Truk 2 As	6,19	12,01			13	2	26	6,19	13	12,01	13		
Truk 3 As	6,25	18,75			4	2	8	6,25	4			18,75	4
Truk gandeng	5,02	11,3	7,54	7,54	0	4	0	5,02	0	11,3	0		
										7,54	0		
										7,54	0		

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*

Dimana dari perhitungan sebelumnya, didapat untuk  $i = 0,0873 \sim 8,73\%$ . Jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN) selama umur rencana 20 tahun.

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{(1+i)^{UR} - 1}{i} \\
 &= \frac{(1+0,0873)^{20} - 1}{0,0873} \\
 &= 49,636
 \end{aligned}$$

Untuk menentukan jumlah jalur dan koefisien distribusi kendaraan niaga (C) dapat ditentukan dari tebal perkerasan sesuai tabel sebagai berikut:

**Tabel 5.25 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan Dan Koefisien Distribusi (C) Kendaraan Niaga Pada Lajur Rencana**

Lebar perkerasan (Lp)	Jumlah lajur (n)	Koefisien distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$L_p < 5,50 \text{ m}$	1 lajur	1	1
$5,50 \text{ m} \leq L_p < 8,25 \text{ m}$	2 jalur	0,7	0,5
$8,25 \text{ m} \leq L_p < 11,25 \text{ m}$	3 jalur	0,5	0,475
$11,25 \text{ m} \leq L_p < 15,00 \text{ m}$	4 jalur	-	0,45
$15,00 \text{ m} \leq L_p < 18,75 \text{ m}$	5 jalur	-	0,425
$18,75 \text{ m} \leq L_p < 22,00 \text{ m}$	6 jalur	-	0,4

*Sumber: SNI perencanaan perkerasan jalan beton semen hal.10*

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban ( $F_{kb}$ ). Faktor keamanan beban ini digunakan berkaitan adanya berbagai tingkat realibilitas perencanaan seperti terlihat pada tabel.

**Tabel 5.26 Faktor Keamanan Beban (Fkb)**

No.	Penggunaan	Nilai F <sub>kb</sub>
1.	Jalan bebas hambatan utama (major freeway) dan jalan berlajur banyak, yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data lalu lintas dari hasil survey beban (weight-in-motion) dan adanya kemungkinan route alternatifnya maka nilai faktor keamanan beban dapat dikurangi menjadi 1,15.	1,2
2.	Jalan bebas hambatan (freeway) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah	1,1
3.	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah	1,0

Sumber: SNI perencanaan perkerasan jalan beton semen hal.12

#### **4.3.2 Perhitungan Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) Selama Umur Rencana 20 Tahun**

Jumlah sumbu kendaraan niaga masing-masing jenis kendaraan selama umur rencana dihitung dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{JSKN} &= \text{JSKNH} \times 365 \times R \times C \\
 &= 3044 \times 365 \times 49,636 \times 0,45 \\
 &= 24816720,07 \sim 2,48 \times 10^7
 \end{aligned}$$

**Tabel 5.27 Perhitungan Repetisi Sumbu Rencana**

<b>Jenis Sumbu</b>	<b>Sumbu (ton)</b>	<b>Jumlah Sumbu</b>	<b>Proporsi Beban</b>	<b>Proporsi Sumbu</b>	<b>Lalu-Lintas Rencana</b>	<b>Repetisi Yang Terjadi</b>
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7) = (4)*(5)*(6)
STRT	6,25	4	0,00	0,98	24.816.720	32610,670
	6,19	13	0,00	0,98	24.816.720	105984,678
	5,02	0	0,00	0,98	24.816.720	0,000
	3,06	2	0,00	0,98	24.816.720	16305,335
	5,48	1473	0,49	0,98	24.816.720	12008879,325
	2,82	30	0,01	0,98	24.816.720	244580,027
	2,82	1473	0,49	0,98	24.816.720	12008879,325
<b>Total</b>		<b>2995</b>	<b>1,00</b>			
STRG	12,01	13	0,29	0,01	24.816.720	105984,7
	11,3	0	0,00	0,01	24.816.720	0,000
	7,54	0	0,00	0,01	24.816.720	0,000
	7,54	0	0,00	0,01	24.816.720	0,000
	5,94	2	0,04	0,01	24.816.720	16305,335
	5,48	30	0,67	0,01	24.816.720	244580,027
<b>Total</b>		<b>45</b>	<b>1,00</b>			
STdRG	18,75	4	1,00	0,00	24.816.720	32610,670
<b>Total</b>		<b>4</b>	<b>1,00</b>			
<b>Kumulatif</b>						<b>24.816.720</b>

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*

### 5.3.2 Analisa CBR

- a. Perkerasan kaku diatas perkerasan lentur  
Tebal lapis tambahan perkerasan beton semen  
di atas perkerasan lentur dihitung dengan cara yang

sama seperti perhitungan tebal pelat beton semen pada perencanaan baru. Modulus reaksi perkerasan lama ( $k$ ) diperoleh dengan melakukan pengujian pembebanan pelat (*plate bearing test*) menurut AASHTO T.222-81 di atas permukaan perkerasan lama yang selanjutnya dikorelasikan terhadap nilai CBR. Bila nilai  $k$  lebih besar dari 140 kPa/mm (14 kg/cm<sup>3</sup>), maka nilai  $k$  dianggap sama dengan 140 kPa/mm (14 kg/cm<sup>3</sup>) dengan nilai CBR 50%. (*SNi perencanaan perkerasan jalan beton semen hal.32*)

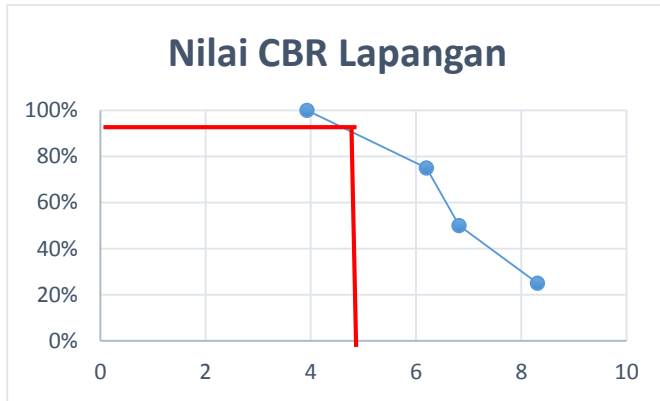
b. Perkerasan kaku di daerah pelebaran

Pada perencanaan peningkatan jalan ini untuk perhitungan tebal pelat beton semen pada pelebaran jalan CBR yang digunakan adalah CBR tanah dasar, sedangkan untuk perhitungan tebal pelat beton pada badan jalan digunakan CBR 50%.

• Perhitungan nilai CBR lapangan

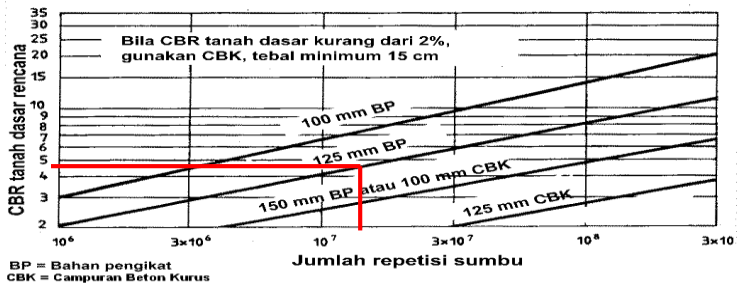
No.	Sta	CBR Lapangan	Nilai Urut CBR	Persentase CBR
1	0+000	6,82	8,31	25%
2	0+950	6,20	6,82	50%
3	1+980	3,93	6,20	75%
4	3+000	8,31	3,93	100%

Dari tabel perhitungan CBR diatas dapat digambarkan dalam grafik CBR sebagai berikut:



Gambar 5.12 Grafik Nilai CBR Lapangan

Dari gambar diatas didapat bahwa nilai CBR lapangan adalah 4,8%. Setelah didapatkan nilai CBR tanah dasar dari gambar diatas selanjutnya diplotkan pada grafik tebal lapis fondasi bawah minimum.

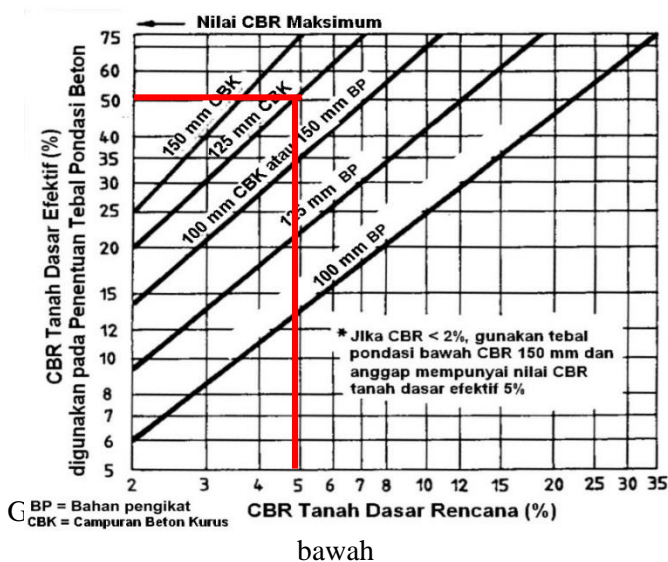


Gambar 5.13 Tebal pondasi bawah minimum untuk perkerasan beton semen



Dari grafik diatas dapat ditentukan fondasi bawah yaitu 125 mm BP. Untuk mendapatkan nilai CBR tanah dasar efektif maka menggunakan grafik CBR tanah dasar efektif dan tebal fondasi bawah.

Agar bisa mendapatkan nilai CBR yang sama atau lebih besar dari CBR diatas perkerasan lentur, maka tipe fondasi bawah digunakan 125 mm CBK seperti pada grafik berikut:



Dari grafik diatas didapatkan nilai CBR efektif 50% dengan menggunakan 125 mm CBK.

### 5.3.3 Pondasi Bawah

Fondasi bawah yang digunakan pada proyek akhir ini adalah fondasi bawah dengan menggunakan 125 mm CBK.

#### 5.3.4 Beton Semen

Kekuatan beton yang digunakan pada perencanaan jalan pada proyek akhir ini adalah K-400 dengan kekuatan sebesar 4,25 MPa.

#### 5.3.5 Umur Rencana

Perencanaan jalan dengan perkerasan kaku (*rigid pavement*) pada proyek akhir ini adalah 20 tahun.

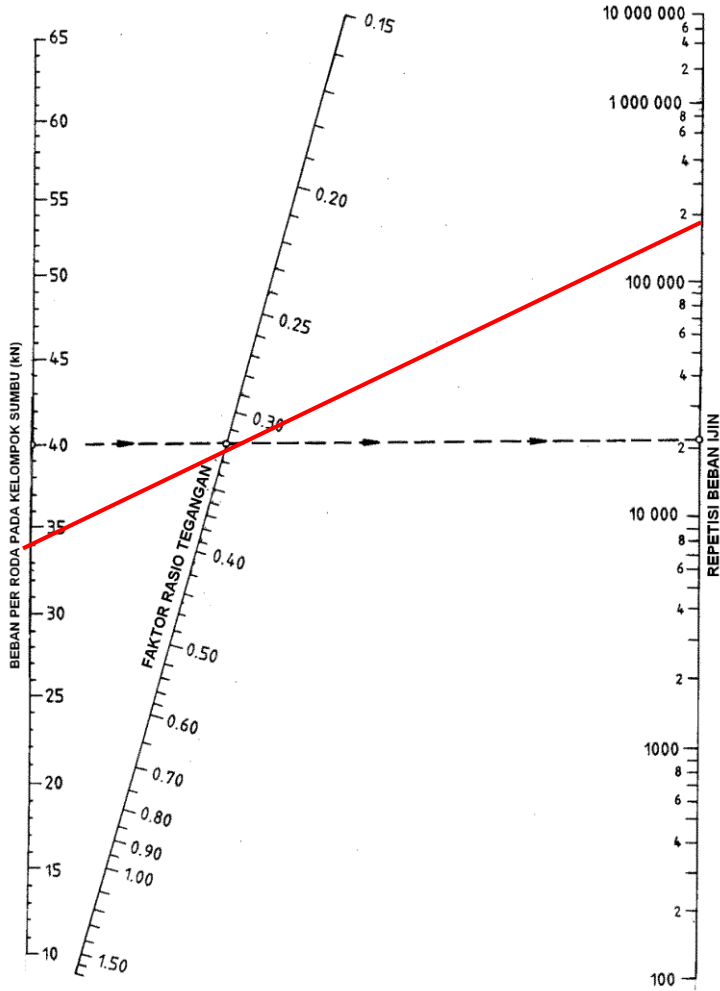
#### 5.3.6 Perhitungan Tebal Pelat Beton

Jenis perkerasan	: BBDT dengan ruji
Jenis bahu	: tanpa bahu beton
Umur rencana	: 20 tahun
JSKN	: $2,48 \times 10^7$
Faktor keamanan	: 1,1
Kuat tarik lentur beton	: 4,25 MPa
( $f'_{cf}$ ) umur 28 hari	
CBR tanah dasar	: 5%
CBR efektif	: 50%
Tebal taksiran pelat beton	: 20 cm

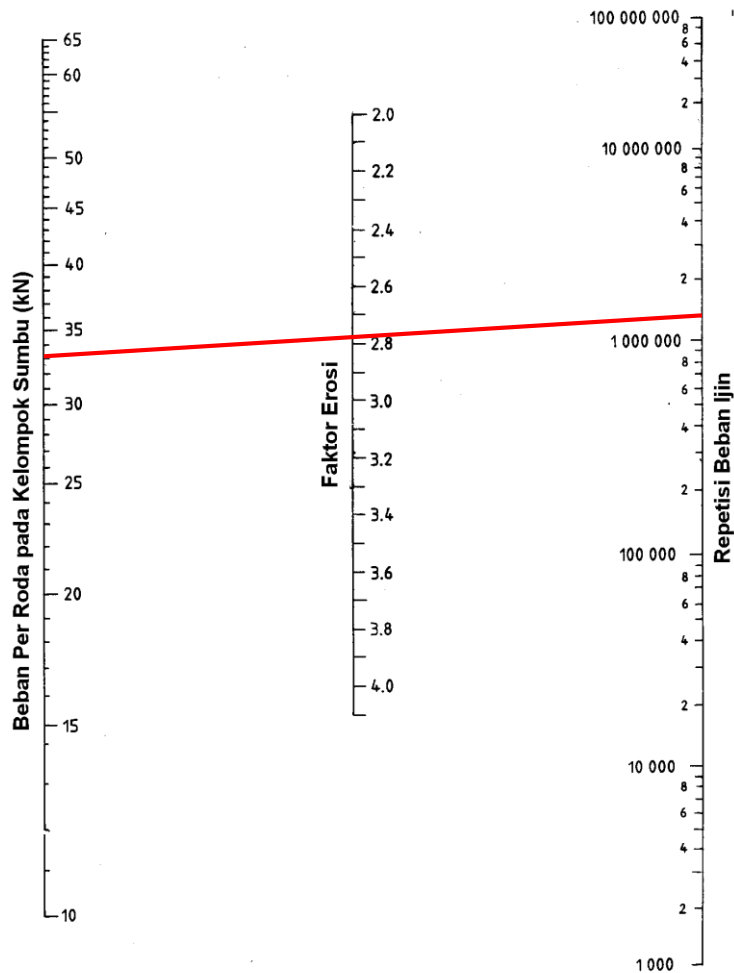
**Tabel 5.28 Perhitungan Analisa Fatik dan Erosi**

Jenis Sumbu	Beban Sumbu		Beban Rencana per Roda	Repetisi yang Terjadi	Faktor Tegangan dan Erosi	Analisa Fatik		Analisa Erosi	
	Ton	KN	KN			Repetisi Ijin	Persen Rusak (%)	Repetisi Ijin	Persen Rusak (%)
STRT	6,25	62,5	34,375	32610,67	TE : 0,95 FRT: 0,22 FE : 2,19	TT	0	TT	0
	6,19	61,9	34,045	105984,68		TT	0	TT	0
	5,48	54,8	30,140	0,00		TT	0	TT	0
	5,02	50,2	27,610	16305,34		TT	0	TT	0
	3,06	30,6	16,830	12008879,32		TT	0	TT	0
	2,82	28,2	15,510	244580,03		TT	0	TT	0
	2,82	28,2	15,510	12008879,32		TT	0	TT	0
STRG	12,01	120,1	33,028	105984,68	TE : 1,44 FRT: 0,34 FE : 2,79	150000	71%	1200000	9%
	11,3	113,0	31,075	0,00		TT	0	TT	0
	7,54	75,4	20,735	0,00		TT	0	TT	0
	7,54	75,4	20,735	0,00		TT	0	TT	0
	5,94	59,4	16,335	16305,34		TT	0	TT	0
	5,48	54,8	15,07	244580,03		TT	0	TT	0
STdRG	18,75	187,5	25,781	32610,67	TE : 1,44 FRT: 0,34 FE : 2,79	TT	0	TT	0
Total						71% < 100%; OK!		9% < 100%; OK!	

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*



Gambar 5.16 Analisa Fatik dan Beban Repetisi Ijin Berdasarkan Rasio Tegangan, Dengan/Tanpa Bahu Beton



Gambar 5.17 Analisa Erosi Dan Jumlah Repetisi Ijin Berdasarkan Faktor Erosi, Tanpa Bahu Beton

### 5.3.7 Perhitungan Tulangan

Perhitungan beton bersambung dengan tulangan (BBDT):

Beton K-400

- Tebal pelat beton = 200 mm
- Lebar pelat = 2 x 3,00 m
- Kuat tekan beton ( $f_c'$ ) = 350 kg/cm<sup>2</sup>
- Tegangan leleh baja ( $f_y$ ) = 2400 kg/cm<sup>2</sup>
- $E_s/E_c$  ( $n$ ) = 6
- Koefisien gesek antara beton dan fondasi bawah ( $\mu$ ) = 1,0
- $f_{cf}$  = 4,25 MPa
- Ambil  $f_{ct}$  = 0,5 x 42,5 = 21,25 kg/cm<sup>2</sup>

Baja BJTU-24

- Kuat tarik baja leleh ( $f_y$ ) = 240 MPa
- Kuat tarik ijin ( $f_a$ ) = 0,6 x 240 MPa = 144 MPa
- Gravitasi = 9,81 m/det<sup>2</sup>

Untuk ruji gunakan diameter 33 mm, panjang 45 cm, dan jarak 30 cm.

**Tabel 5.29 Diameter Ruji***Sumber: SNI perencanaan perkerasan jalan beton*

No.	Tebal pelat beton, h (mm)	Diameter ruji (mm)
1.	$125 < h \leq 140$	20
2.	$140 < h \leq 160$	24
3.	$160 < h \leq 190$	28
4.	$190 < h \leq 220$	33
5.	$220 < h \leq 250$	36

*semen hal.14*

- a. Sambungan memanjang dengan Tie Bars  
Sambungan memanjang berfungsi untuk mengendalikan terjadinya retak memanjang.

$$\begin{aligned}
 A_t &= 204 \times b \times h \\
 &= 204 \times 3,00 \times 0,20 \\
 &= 122,4 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan baja ulir diameter 12

$$\begin{aligned}
 A_t &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2 \\
 &= 113,09 \text{ mm}^2 < 122,4 \text{ mm}^2 \text{..(OK!)}
 \end{aligned}$$

Tulangan yang diperlukan per tiap meter:

$$\begin{aligned}
 \frac{A_t}{A_r} &= \frac{122,4}{113,09} \\
 &= 1,08 \sim 1 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Maka jarak tulangan memanjang yang diperlukan adalah:

$$\text{Jarak antara tulangan (as-as tie bars)} = 1000/1 = 1000 \text{ mm}$$

Panjang batang pengikat:

$$\begin{aligned} L &= (38,3 \times D) + 75 \\ &= (38,3 \times 12) + 75 \\ &= 534,6 \text{ mm} \sim 550 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 60 cm.

b. Tulangan memanjang

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \frac{\mu \times L \times M \times g \times h}{2 \times f_s} \\ &= \\ \frac{1,0 \times 15 \times 2400 \times 9,81 \times 0,20}{2 \times 144} \\ &= 245,25 \text{ mm}^2/\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ min} &= 0,1\% \times \text{luas pelat} \\ &= 0,1\% \times 200 \times 100 \\ &= 200 \text{ mm}^2/\text{m} \end{aligned}$$

Gunakan tulangan D13-200 mm ( $A_s = 663,325 \text{ mm}^2$ )



Tulangan besi yang diperlukan adalah =

$$\left( \frac{6000}{300} \right) + 1 = 21 \text{ batang besi.}$$

c. Tulangan melintang

$$A_s \text{ perlu} = \frac{\mu \times L \times M \times g \times h}{2 \times f_s}$$

=

$$\frac{1,0 \times 6,5 \times 2400 \times 9,81 \times 0,20}{2 \times 144}$$

$$= 106,275 \text{ mm}^2/\text{m}'$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ min} &= 0,1\% \times \text{luas pelat} \\ &= 0,1\% \times 200 \times 100 \\ &= 200 \text{ mm}^2/\text{m}' \end{aligned}$$

Gunakan tulangan Ø12-300 mm ( $A_s = 323,14 \text{ mm}^2$ )

Tulangan besi yang diperlukan adalah =

$$\left( \frac{5000}{350} \right) + 1 = 15 \text{ batang besi.}$$

## 5.4 Perencanaan Saluran Tepi (Drainase)

Sistem drainase permukaan berfungsi untuk mengendalikan limpasan air hujan dipermukaan jalan dan daerah sekitarnya agar tidak merusak konstruksi jalan, seperti kerusakan karena banjir yang melimpas diatasnya atau kerusakan badan jalan akibat erosi.

Perencanaan saluran tepi (drainase) merupakan suatu bagian penting yang harus diperhatikan, karena tanpa drainase yang baik konstruksi jalan akan cepat mengalami kerusakan.

Perencanaan saluran ini membahas tentang perhitungan debit dan dimensi saluran. Perhitungan debit meliputi inlet time, flow time, waktu konsentrasi, intensitas hujan, nilai koefisien pengaliran, dan debit aliran. Perhitungan dimensi saluran membahas tentang perhitungan luas penampang, kemiringan saluran, dan kecepatan aliran rata-rata.

Hal-hal yang dibutuhkan dalam perhitungan perencanaan saluran tepi (drainase) adalah analisa curah hujan serta perencanaan desain saluran tepi (drainase) agar dapat menampung debit air yang mengalir.

#### **5.4.1 Data Curah Hujan**

Data curah hujan adalah tinggi hujan dalam satu satuan waktu yang dinyatakan dalam mm/jam. Data ini merupakan data sekunder yang dimana diperoleh dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional V. Data curah hujan ini sangat diperlukan untuk menghitung tinggi hujan rencana dan digunakan untuk perencanaan saluran tepi. Data curah hujan dari pengamatan didapat curah hujan rata-rata terbesar pertahun selama 11 tahun terakhir.

Berikut ini adalah analisa data curah hujan untuk menentukan besarnya intensitas curah hujan (I) yang didapatkan dari pengamatan stasiun curah hujan Turen:

**Tabel 5.30 Data Curah Hujan**

No.	Tahun	Curah Hujan Harian Rata-Rata (mm)
1.	2003	96
2.	2004	110
3.	2005	164
4.	2006	108
5.	2007	197
6.	2008	127
7.	2009	68
8.	2010	100
9.	2011	69
10.	2012	115
11.	2013	102

**Tabel 5.31 Perhitungan Data Curah Hujan**

No.	Tahun	Hujan Harian Rata-Rata Max	Deviasi	$(X_i - \bar{X})^2$
		mm	$X_i - \bar{X}$	
1.	2003	96	-18,18	330,58
2.	2004	110	110,00	12100,00
3.	2005	164	164,00	26896,00
4.	2006	108	108,00	11664,00
5.	2007	197	192,00	36864,00
6.	2008	127	116,00	13456,00
7.	2009	68	68,00	4624,00
8.	2010	100	100,00	10000,00
9.	2011	69	69,00	4761,00
10.	2012	115	115,00	13225,00
11.	2013	102	102,00	10404,00
<b>Jml</b>	<b>11</b>	<b>1256</b>		<b>14415,64</b>

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Perhitungan analisa frekuensi curah hujan untuk menentukan besarnya intensitas curah hujan (I), secara analitis:

- a. Tinggi hujan maksimum rata-rata

$$\begin{aligned}
 \bar{X} &= \frac{\sum X}{n} \\
 &= \frac{1256}{11} \\
 &= 114,18
 \end{aligned}$$

b. Standar deviasi

$$\begin{aligned}
 S_x &= \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n}} \\
 &= \sqrt{\frac{14415,64}{11}} \\
 &= 36,201
 \end{aligned}$$

Untuk menentukan besarnya curah hujan pada periode T tahun digunakan persamaan 2.37 dari BAB II. Periode ulang (T) untuk selokan samping ditentukan 5 tahun.

Dengan:

$$Y_t = 1,4999$$

$$Y_n = 0,4996$$

$$S_n = 0,9676$$

$$\begin{aligned}
 X_t &= \bar{X} + \frac{S_x}{S_n} (Y_T - Y_N) \\
 &= 144,18 + \frac{36,201}{0,9676} (1,4999 - 0,4996) \\
 &= 144,18 + 37,424 \\
 &= 151,61 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Keterangan:

$S_x$  = Standar deviasi

$X_t$  = Besar curah hujan untuk periode ulang  
T tahun (mm/24 jam)

- $\bar{X}$  = Tinggi hujan maksimum kumulatif rata-rata
- $Y_t$  = Variasi yang merupakan fungsi periode ulang
- $Y_N$  = Nilai berdasarkan jumlah data curah hujan (n)
- $S_N$  = Standar deviasi yang merupakan fungsi n

**Tabel 5.32 Variasi  $X_t$** 

Periode Ulang (Tahun)	Variasi yang Berkurang
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001

Sumber: Tata cara perencanaan drainase jalan SNI 03-3424-1994 hal 16

**Tabel 5.33 Nilai  $Y_n$** 

n	0	1	2	3	4	5	6
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5126	0,5157
20	0,5225	0,5252	0,5288	0,5283	0,5255	0,5309	0,5320
30	0,5352	0,5371	0,5380	0,5388	0,5402	0,5402	0,5410
40	0,5435	0,5422	0,5448	0,5453	0,5458	0,5453	0,5468
50	0,5485	0,5485	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508
60	0,5521	0,5534	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538
70	0,5548	0,5552	0,5555	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580
90	0,5566	0,5589	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595

Sumber: Tata cara perencanaan drainase jalan SNI 03-3424-1994 hal 16

**Tabel 5.34 Nilai Sn**

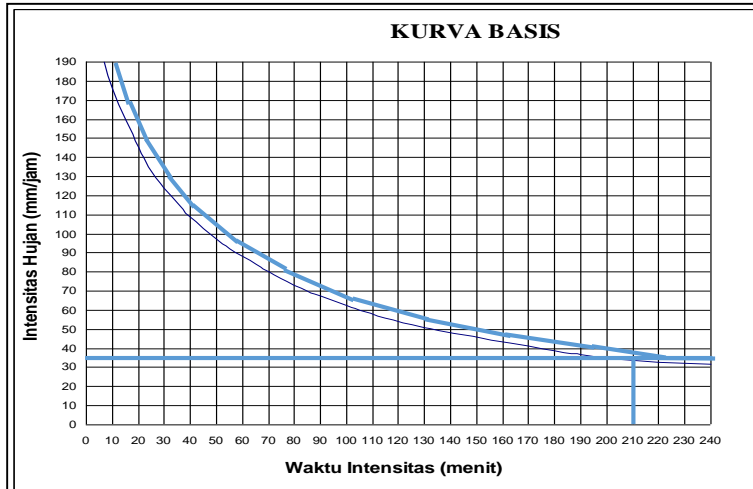
n	0	1	2	3	4	5	6
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316
20	0,0628	1,0695	1,0695	1,0811	1,0854	1,0915	1,0961
30	0,1124	1,1199	1,1199	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313
40	0,1413	1,1435	1,1435	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538
50	0,1607	1,1523	1,1523	1,1558	1,1557	1,1581	1,1596
60	0,1747	1,1759	1,1759	1,1782	1,1782	1,1803	1,1814
70	0,1899	1,1653	1,1653	1,1681	1,1690	1,1698	1,1906
80	0,1938	1,1945	1,1945	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980
90	0,2007	1,2013	1,2020	1,2025	1,2032	1,2038	1,2044

Sumber: Tata cara perencanaan drainase jalan SNI 03-3424-1994 hal 16

Bila curah hujan efektif dianggap mempunyai penyebaran seragam 4 jam, maka I didapatkan dari persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{90\% \times X_t}{4} \\
 &= \frac{90\% \times 151,61}{4} \\
 &= 34,111 \text{ mm/jam}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan intensitas hujan (I) sebesar 34,11 mm/jam yang kemudian diplotkan pada  $t = 240$  menit dan ditarik garis lengkung searah dan sejajar dengan lengkung basis sesuai dengan gambar 2.18 berikut ini:



## 5.4.2 Perhitungan Debit dan Dimensi Saluran

### 5.4.2.1 Perencanaan dimensi saluran tepi (drainase) pada STA 0+000 – 0+200

1. Menentukan waktu konsentrasi ( $T_c$ )
  - Menentukan inlet time ( $t_1$ ) pada perkerasan

$$t_{\text{perkerasan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 6 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,02}} \right)^{0,167} = 1,032 \text{ menit}$$



$$t_{\text{bahu jalan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 1,5 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,04}} \right)^{0,167} = 0,773 \text{ menit}$$

$$t_{\text{perbukitan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 10,21 \times \frac{0,200}{\sqrt{0,19}} \right)^{0,167} = 1,471 \text{ menit}$$

---


$$t_1 = 3,276 \text{ menit}$$

- Menentukan flow time ( $t_2$ )

$$t_2 = 50 \text{ m}$$

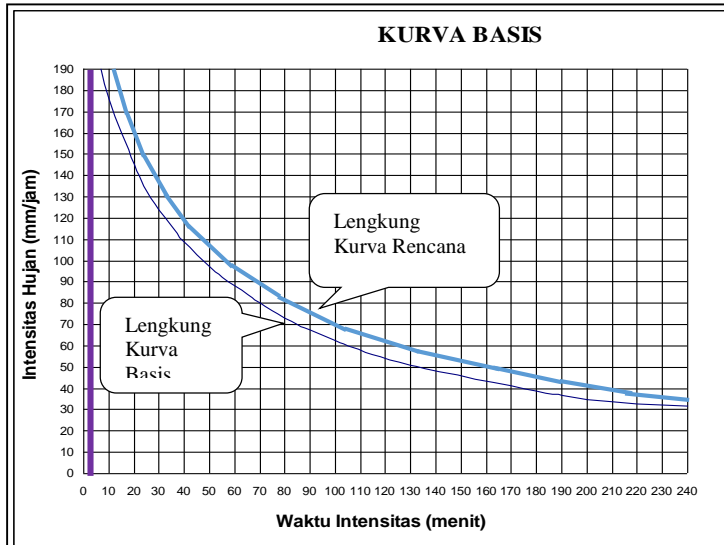
Karena, merupakan segmen awal saluran, sehingga harus memperhitungkan sejauh 50 m sebelum titik awal saluran.

$$\begin{aligned} t_2 &= \frac{L}{60 \times V} \\ &= \frac{50}{60 \times 1,8} \\ &= 0,463 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_c &= t_1 + t_2 \\ &= 3,276 + 0,463 \\ &= 3,739 \text{ menit} \end{aligned}$$

2. Menentukan intensitas hujan rencana (I)

Intensitas hujan ditentukan dengan cara memplotkan harga  $T_c = 3,739$  menit, kemudian tarik garis ke atas hingga memotong intensitas hujan kurva rencana dan intensitas hujan maksimum, maka didapat nilai  $I = 190$  mm/jam



3. Menentukan luas daerah pengaliran dan koefisien pengaliran

- Perkerasan

Perkerasan jalan  $A_1 = 6 \times 200 = 1200 \text{ m}^2$

Bahu jalan  $A_2 = 1,5 \times 200 = 300 \text{ m}^2$

Perbukitan  $A_3 = 1727,7 = 1727,7 \text{ m}^2$

---

Total  $= 3227,7 \text{ m}^2$

Menentukan besarnya koefisien pengaliran,

Perkerasan jalan  $C_1 = 0,95$

Bahu jalan  $C_2 = 0,95$

Area perbukitan  $C_3 = 0,80$

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + C_3 \cdot A_3}{A}$$

$$= \frac{(0,95 \cdot 1200) + (0,95 \cdot 300) + (0,80 \cdot 1727,7 \cdot 0,4)}{3227,7}$$

$$= 0,613$$

4. Menentukan debit aliran (Q)

$$A = 3227,7 \text{ m}^2 = 0,0323 \text{ km}^2$$

$$C = 0,498$$

$$I = 190 \text{ mm/jam}$$

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

$$= 0,278 \times 0,613 \times 190 \times 0,0323$$

$$= 1,045 \text{ m}^3/\text{detik}$$

5. Perhitungan dimensi saluran

Saluran direncanakan terdiri dari pasangan batu kali dengan kecepatan aliran ijin 1,8 m/det.

Penampang basah saluran samping dihitung menggunakan,

$$Fd = \frac{Q}{V}$$

$$= \frac{1,045}{1,8}$$

$$= 0,581 \text{ m}^2$$

Syarat:

$$\frac{b + 2h}{2} = h\sqrt{m^2 + 1}$$

$$\frac{b+2h}{2} = h\sqrt{1^2+1}$$

$$b = 0,828h$$

$$A = (b+m \cdot h)h$$

$$= (0,828h+h)h$$

$$= 1,828h^2$$

$$A = A$$

$$1,828h^2 = 0,50 \text{ m}^2 \longrightarrow h = 0,52 \text{ m}$$

$$b = 0,43 \text{ m}$$

Ambil untuk dimensi dari saluran tepi bentuk trapesium,

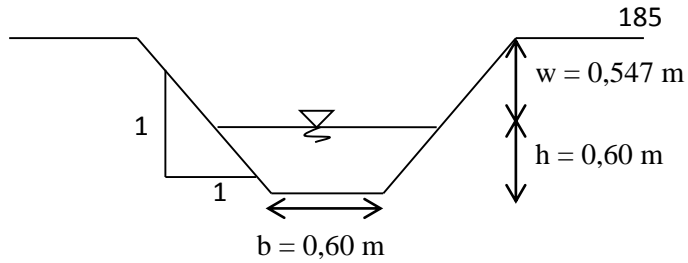
$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$b = 0,6 \text{ m}$$

$$w = \sqrt{0,5 \cdot h}$$

$$= 0,63 \text{ m}$$

Maka, dapat diilustrasikan sebagai berikut penampang melintang saluran tepi.



6. Kemiringan saluran yang diijinkan.

$$V_{\text{rencana}} = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2}$$

Saluran dibuat dari tanah lurus teratur dalam kondisi baik, dari tabel Manning didapat harga  $n = 0,020$ . Dan kecepatan air ijin  $= 1,8 \text{ m/det}$ .

$$R = \frac{Fd}{P}$$

$$Fd = 0,581 \text{ m}^2$$

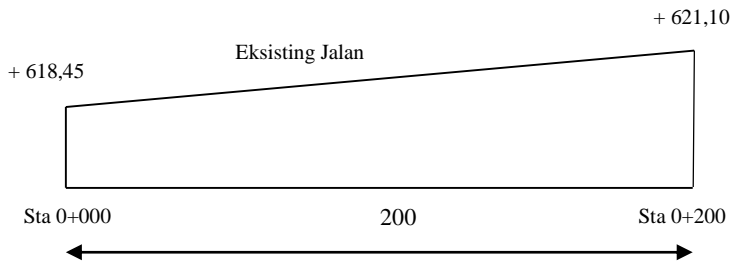
$$\begin{aligned} P &= b + 2h\sqrt{m^2 + 1} \\ &= 0,6 + 2 \cdot 0,6\sqrt{1^2 + 1} \\ &= 2,29 \text{ m} \end{aligned}$$

$$R = \frac{0,581}{2,29} = 0,25 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} i &= \left( \frac{V \cdot m}{R^{2/3}} \right)^2 \\ &= \left( \frac{1,8 \cdot 0,03}{0,25^{2/3}} \right)^2 \\ &= 0,0185 \end{aligned}$$

Jadi, kemiringan yang diijinkan -----►  $i_{ijin} = 0,0185 \sim 1,85\%$

7. Periksa kemiringan tanah di lapangan ( $i_{lapangan}$ )



$$\text{Sta } 0+000 (h_1) : +618,45$$

$$\text{Sta } 0+200 (h_2) : +621,10$$

$$\begin{aligned} i_{lapangan} &= \frac{h_1 - h_2}{L} \times 100\% \\ &= \frac{618,45 - 621,10}{200} \times 100\% \\ &= 1,325\% \end{aligned}$$

Dengan,  $i_{lapangan} (= 1.325\%) < i_{ijin} (= 1,85\%)$  maka saluran untuk Sta 0+000 – 0+200 tidak digunakan pematah arus.

8. Kontrol kecepatan aliran rata-rata

$$V_{saluran} = \frac{Q}{Fd}$$

$$= \frac{1,045}{0,581}$$

$$= 1 \text{ m/det}$$

$V_{\text{saluran}} (= 1,79 \text{ m/det}) < V_{\text{ijin}} (= 1,8 \text{ m/det}) \dots \text{OK!}$

9. Kontrol dimensi saluran bentuk trapesium

$$A = \frac{1}{2} (b_1 + b_2) \times h$$

$$= \frac{1}{2} (0,6 + 0,547) \times 1,147$$

$$= 0,658 \text{ m}^3$$

$$Q_{\text{saluran}} = A \times V$$

$$= 0,658 \times 1,8$$

$$= 1,184 \text{ m}^3/\text{det}$$

$Q_{\text{saluran}} (= 1,18 \text{ m}^3/\text{det}) > Q_{\text{total}} (= 0,5 \text{ m}^3/\text{det}) \text{ OK!}$

#### 5.4.2.2 Perencanaan dimensi saluran tepi (drainase) pada STA 0+200 – 0+400

1. Menentukan waktu konsentrasi ( $T_c$ )

- Menentukan inlet time ( $t_1$ ) pada perkerasan

$$t_{\text{perkerasan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 6 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,02}} \right)^{0,167} = 1,032 \text{ menit}$$

$$t_{\text{bahu jalan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 1,5 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,04}} \right)^{0,167} = 0,773 \text{ menit}$$

$$t_{\text{bahu jalan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 25 \times \frac{0,02}{\sqrt{0,006}} \right)^{0,167} = 1,556 \text{ menit}$$

$$t_{\text{perbukitan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 1,59 \times \frac{0,200}{\sqrt{0,628}} \right)^{0,167} = 0,978 \text{ menit}$$

---


$$t_1 = 4,339 \text{ menit}$$

- Menentukan flow time ( $t_2$ )

$$t_2 = 200 \text{ m}$$

Karena, merupakan segmen lanjutan dari saluran sebelumnya, sehingga harus memperhitungkan waktu konsentrasi sejauh 200 m

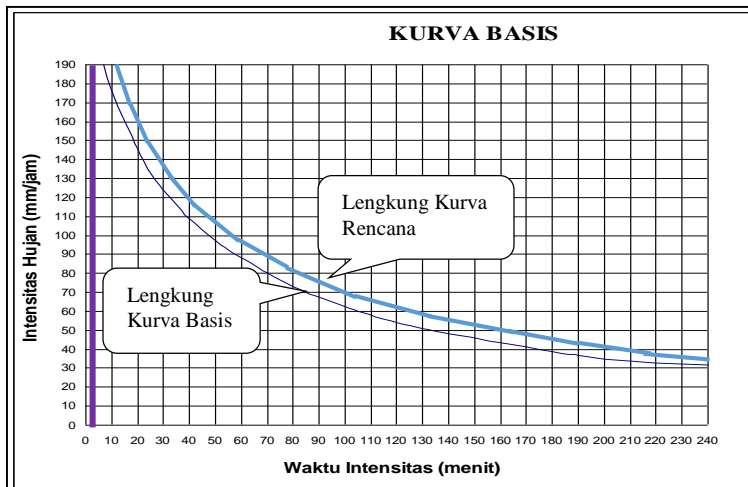
$$\begin{aligned} t_2 &= \frac{L}{60 \times V} \\ &= \frac{200}{60 \times 1,8} \\ &= 1,852 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_c &= t_1 + t_2 \\ &= 4,339 + 1,852 \\ &= 6,191 \text{ menit} \end{aligned}$$

2. Menentukan intensitas hujan rencana (I)

Intensitas hujan ditentukan dengan cara memplotkan harga  $T_c = 6,191$  menit, kemudian tarik garis ke atas hingga memotong intensitas hujan kurva rencana dan intensitas hujan maksimum, maka didapat nilai  $I = 190$  mm/jam





3. Menentukan luas daerah pengaliran dan koefisien pengaliran

Perkerasan jalan	$A_1 = 6 \times 200$	$= 1200 \text{ m}^2$
Bahu jalan	$A_2 = 1,5 \times 200$	$= 300 \text{ m}^2$
Pemukiman	$A_3 = 50 \times 200$	$= 10000 \text{ m}^2$
Perbukitan	$A_4 = 783,328$	$= 783,328 \text{ m}^2$
	<b>A</b>	<b><math>= 12283,33 \text{ m}^2</math></b>

Menentukan besarnya koefisien pengaliran,

Perkerasan jalan	$C_1 = 0,95$
Bahu jalan	$C_2 = 0,95$
Pemukiman	$C_3 = 0,40$
Perbukitan	$C_4 = 0,80$

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + C_3 \cdot A_3 + C_4 \cdot A_4}{A}$$

$$= \frac{(0,95 \cdot 1200) + (0,95 \cdot 300) + (0,4 \cdot 10000) + (0,8 \cdot 783,328 \cdot 0,4)}{1228,333}$$

$$= 0,462$$

4. Menentukan debit aliran (Q)

$$A = 12283,33 \text{ m}^2 = 0,0123 \text{ km}^2$$

$$C = 0,462$$

$$I = 190 \text{ mm/jam}$$

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

$$= 0,278 \times 0,462 \times 190 \times 0,0123$$

$$= 0,3 \text{ m}^3/\text{detik}$$

5. Perhitungan dimensi saluran

Saluran direncanakan terdiri dari pasangan batu kali dengan kecepatan aliran ijin 1,8 m/det.

Penampang basah saluran samping dihitung menggunakan,

$$Fd = \frac{Q}{V}$$

$$= \frac{0,3}{1,8}$$

$$= 0,1667 \text{ m}^2$$

Karena luasan minimum pada saluran tepi lebih kecil dari persyaratan minimum sebesar  $0,5 \text{ m}^2$ , maka luasan yang dipakai sebesar  $0,5 \text{ m}^2$ .

Syarat:

$$\frac{b + 2h}{2} = h\sqrt{m^2 + 1}$$

$$\frac{b+2h}{2} = h\sqrt{1^2+1}$$

$$b = 0,828h$$

$$\begin{aligned} A &= (b+m \cdot h)h \\ &= (0,828h+h)h \\ &= 1,828h^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= A \\ 1,828h^2 &= 0,5 \text{ m}^2 \longrightarrow h = 0,52\text{m} \\ & b = 0,43\text{m} \end{aligned}$$

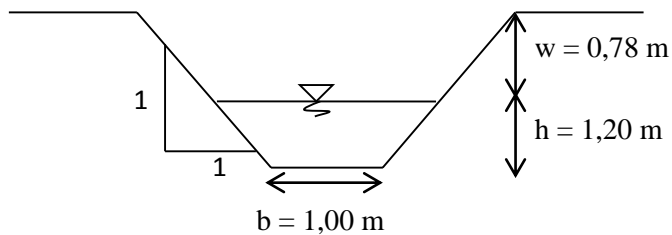
Ambil untuk dimensi dari saluran tepi  
bentuk trapesium,

$$h = 1,2 \text{ m}$$

$$b = 1,0 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} w &= \sqrt{0,5 \cdot h} \\ &= 0,775 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka, dapat diilustrasikan sebagai berikut  
penampang melintang saluran tepi.



## 6. Kemiringan saluran yang diijinkan.

$$V_{\text{rencana}} = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2}$$

Saluran dibuat dari tanah lurus teratur dalam kondisi baik, dari tabel Manning didapat harga  $n = 0,020$ . Dan kecepatan air ijin = 1,8 m/det.

$$R = \frac{Fd}{P}$$

$$Fd = 0,5 \text{ m}^2$$

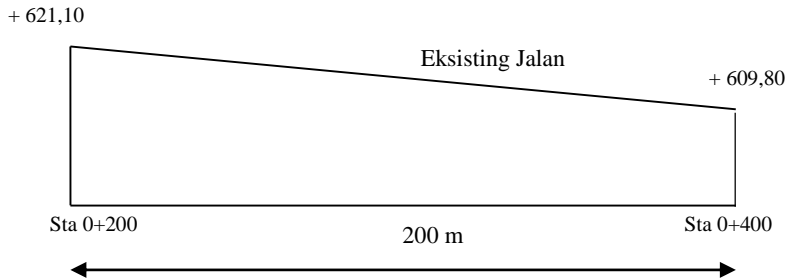
$$\begin{aligned} P &= b + 2h\sqrt{m^2 + 1} \\ &= 1,0 + 2 \cdot 1,2\sqrt{1^2 + 1} \\ &= 4,39 \text{ m} \end{aligned}$$

$$R = \frac{0,5}{4,39} = 0,114 \text{ m} \sim 0,11 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} i &= \left( \frac{V \cdot m}{R^{2/3}} \right)^2 \\ &= \left( \frac{1,8 \cdot 0,03}{0,11^{2/3}} \right)^2 \\ &= 0,0553 \end{aligned}$$

Jadi, kemiringan yang diijinkan -----►  $i_{\text{ijin}} = 0,0553 \sim 5,53\%$

7. Periksa kemiringan tanah di lapangan ( $i_{\text{lapangan}}$ )



$$\text{Sta } 0+200 (h_1) : \quad +621,10$$

$$\text{Sta } 0+400 (h_2) : \quad +609,80$$

$$\begin{aligned} i_{\text{lapangan}} &= \frac{h_1 - h_2}{L} \times 100\% \\ &= \frac{621,10 - 609,80}{200} \times 100\% \\ &= 5,5\% \end{aligned}$$

Dengan,  $i_{\text{lapangan}} (= 5,5\%) < i_{\text{ijin}} (= 5,53\%)$  maka saluran untuk Sta 0+000 – 0+400 tidak digunakan pematah arus.

#### 8. Kontrol kecepatan aliran rata-rata

$$\begin{aligned} V_{\text{saluran}} &= \frac{Q}{Fd} \\ &= \frac{0,3}{0,5} \\ &= 0,6 \text{ m/det} \end{aligned}$$

$$V_{\text{saluran}} (= 0,6 \text{ m/det}) < V_{\text{ijin}} (= 1,8 \text{ m/det}) \dots\dots\dots \text{OK!}$$

#### 9. Kontrol dimensi saluran bentuk trapesium

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{2} (b_1 + b_2) \times h \\
 &= \frac{1}{2} (1,2 + 0,78) \times 1,98 \\
 &= 1,96 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{saluran}} &= A \times V \\
 &= 1,96 \times 1,8 \\
 &= 3,53 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

$$Q_{\text{saluran}} (= 3,53 \text{ m}^3/\text{det}) > Q_{\text{total}} (= 0,5 \text{ m}^3/\text{det}) \text{ ,,, OK!}$$

#### 5.4.2.3 Perencanaan dimensi saluran tepi (drainase) pada STA 0+400 – 0+600

1. Menentukan waktu konsentrasi ( $T_c$ )
  - Menentukan inlet time ( $t_1$ ) pada perkerasan

$$t_{\text{perkerasan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 6 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,02}} \right)^{0,167} = 1,032 \text{ menit}$$

$$t_{\text{bahu jalan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 1,5 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,04}} \right)^{0,167} = 0,773 \text{ menit}$$

$$t_{\text{bahu jalan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 25 \times \frac{0,02}{\sqrt{0,006}} \right)^{0,167} = 1,556 \text{ menit}$$

$$t_{\text{perbukitan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 5,68 \times \frac{0,200}{\sqrt{0,17}} \right)^{0,167} = 1,346 \text{ menit}$$

---


$$t_1 = 4,707 \text{ menit}$$

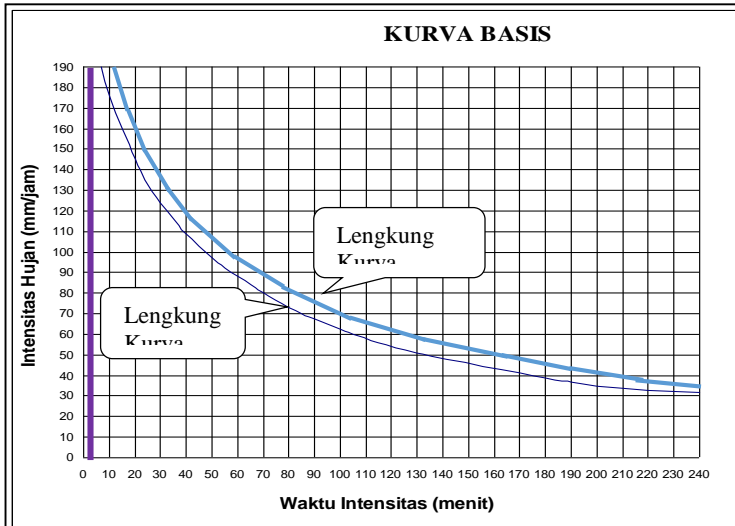
- Menentukan flow time ( $t_2$ )
 
$$t_2 = 200 \text{ m}$$

Karena, merupakan segmen lanjutan dari saluran sebelumnya, sehingga harus memperhitungkan waktu konsentrasi sejauh 200 m.

$$\begin{aligned}
 t_2 &= \frac{L}{60 \times V} \\
 &= \frac{50}{60 \times 1,8} \\
 &= 1,852 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_c &= t_1 + t_2 \\
 &= 4,707 + 0,463 \\
 &= 5,170 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

2. Menentukan intensitas hujan rencana (I)  
 Intensitas hujan ditentukan dengan cara memplotkan harga  $T_c = 5,170$  menit, kemudian tarik garis ke atas hingga memotong intensitas hujan kurva rencana dan intensitas hujan maksimum, maka didapat nilai  $I = 190$  mm/jam.



3. Menentukan luas daerah pengaliran dan koefisien pengaliran

Perkerasan jalan	$A_1 = 6 \times 200$	$= 1200 \text{ m}^2$
Bahu jalan	$A_2 = 1,5 \times 200$	$= 300 \text{ m}^2$
Pemukiman	$A_3 = 50 \times 200$	$= 10000 \text{ m}^2$
Perbukitan	$A_4 = 1158,790$	$= 1158,79 \text{ m}^2$
<b>A</b>		<b><math>= 12658,79 \text{ m}^2</math></b>

4. Menentukan besarnya koefisien pengaliran,

Perkerasan jalan  $C_1 = 0,95$

Bahu jalan  $C_2 = 0,95$

Pemukiman  $C_3 = 0,40$

Perbukitan  $C_4 = 0,80$

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + C_3 \cdot A_3 + C_4 \cdot A_4}{A}$$

$$= \frac{(0,95 \cdot 1200) + (0,95 \cdot 300) + (0,4 \cdot 10000) + (0,8 \cdot 1158,79 \cdot 0,4)}{12658,79}$$



$$= 0,457$$

5. Menentukan debit aliran (Q)

$$A = 12658,79 \text{ m}^2 = 0,0126 \text{ km}^2$$

$$C = 0,457$$

$$I = 190 \text{ mm/jam}$$

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

$$= 0,278 \times 0,457 \times 190 \times 0,0126$$

$$= 0,304 \text{ m}^3/\text{detik}$$

6. Perhitungan dimensi saluran

Saluran direncanakan terdiri dari lempung padat dengan kecepatan aliran 1,8 m/det.

Penampang basah saluran samping dihitung menggunakan,

$$Fd = \frac{Q}{V}$$

$$= \frac{0,304}{1,8}$$

$$= 0,16889 \text{ m}^2$$

Karena luasan minimum pada saluran tepi lebih kecil dari persyaratan minimum sebesar 0,5 m<sup>2</sup>, maka luasan yang dipakai sebesar 0,5 m<sup>2</sup>.

Syarat:

$$\frac{b + 2h}{2} = h\sqrt{m^2 + 1}$$

$$\frac{b+2h}{2} = h\sqrt{1^2+1}$$

$$b = 0,828h$$

$$\begin{aligned} A &= (b+m \cdot h)h \\ &= (0,828h+h)h \\ &= 1,828h^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= A \\ 1,828h^2 &= 0,5 \text{ m}^2 \longrightarrow h = 0,52 \text{ m;} \\ & b = 0,43 \text{ m} \end{aligned}$$

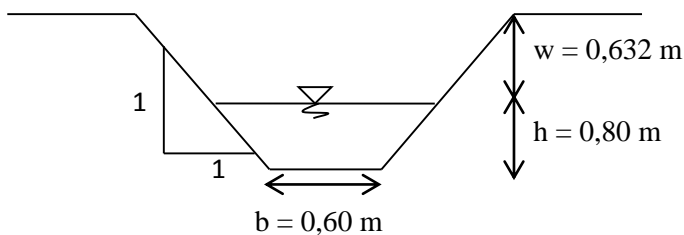
Ambil untuk dimensi dari saluran tepi bentuk trapesium,

$$h = 0,8 \text{ m}$$

$$b = 0,6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} w &= \sqrt{0,5 \cdot h} \\ &= 0,632 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka, dapat diilustrasikan sebagai berikut penampang melintang saluran tepi.



7. Kemiringan saluran yang diijinkan.

$$V_{\text{rencana}} = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2}$$

Saluran dibuat dari tanah lurus teratur dalam kondisi baik, dari tabel Manning didapat harga  $n = 0,020$ . Dan kecepatan air ijin = 1,80 m/det.

$$R = \frac{Fd}{P}$$

$$Fd = 0,5 \text{ m}^2$$

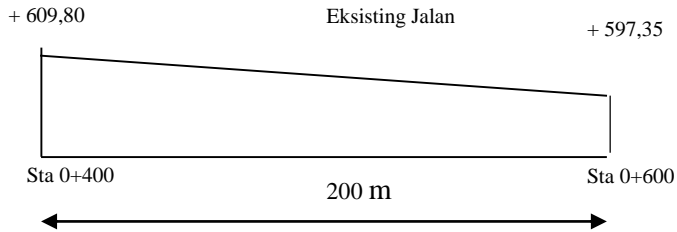
$$\begin{aligned} P &= b + 2h\sqrt{m^2 + 1} \\ &= 0,6 + 2 \cdot 0,8\sqrt{1^2 + 1} \\ &= 2,863 \text{ m} \end{aligned}$$

$$R = \frac{0,744}{2,863} = 0,259 \text{ m} \sim 0,26 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} i &= \left( \frac{V \cdot m}{R^{2/3}} \right)^2 \\ &= \left( \frac{1,8 \cdot 0,03}{0,26^{2/3}} \right)^2 \\ &= 0,01757 \end{aligned}$$

Jadi, kemiringan yang diijinkan -----►  $i_{\text{ijin}} = 0,01757 \sim 1,76\%$

8. Periksa kemiringan tanah di lapangan ( $i_{\text{lapangan}}$ )



$$\text{Sta 0+400 (h}_1\text{)} : +609,80$$

$$\text{Sta 0+600 (h}_2\text{)} : +597,35$$

$$\begin{aligned} i_{\text{lapangan}} &= \frac{h_1 - h_2}{L} \times 100\% \\ &= \frac{609,80 - 597,35}{200} \times 100\% \\ &= 0,25\% \end{aligned}$$

Dengan,  $i_{\text{lapangan}} (= 0,25\%) > i_{\text{ijin}} (= 1,76\%)$  maka saluran untuk Sta 0+400 – 0+600 tidak digunakan pematah arus.

8. Kontrol kecepatan aliran rata-rata

$$\begin{aligned} V_{\text{saluran}} &= \frac{Q}{Fd} \\ &= \frac{0,304}{0,5} \\ &= 0,608 \text{ m/det} \end{aligned}$$

$$V_{\text{saluran}} (= 0,608 \text{ m/det}) < V_{\text{ijin}} (= 1,8 \text{ m/det}) \dots\dots \text{OK!}$$

9. Kontrol dimensi saluran bentuk trapesium

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{2} (b_1 + b_2) \times h \\ &= \frac{1}{2} (0,8 + 0,55) \times 1,35 \\ &= 0,91125 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{saluran}} &= A \times V \\ &= 0,91125 \times 1,8 \\ &= 1,64 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

$$Q_{\text{saluran}} (= 1,64 \text{ m}^3/\text{det}) > Q_{\text{total}} (= 0,5 \text{ m}^3/\text{det}) \dots\dots \text{OK!}$$

**5.4.2.4 Perencanaan dimensi saluran tepi (drainase)  
pada STA 0+600 – 0+800**

1. Menentukan waktu konsentrasi ( $T_c$ )

- Menentukan inlet time ( $t_i$ ) pada perkerasan

$$t_{\text{perkerasan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 6 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,02}} \right)^{0,167} = 1,032 \text{ menit}$$

$$t_{\text{bahu jalan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 1,5 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,04}} \right)^{0,167} = 0,773 \text{ menit}$$

$$t_{\text{bahu jalan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 25 \times \frac{0,02}{\sqrt{0,006}} \right)^{0,167} = 1,556 \text{ menit}$$

$$t_{\text{perkerasan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 4,43 \times \frac{0,200}{\sqrt{0,90}} \right)^{0,167} = 1,126 \text{ menit}$$

---


$$t_i = 4,486 \text{ menit}$$

- Menentukan flow time ( $t_2$ )

$$t_2 = 200 \text{ m}$$

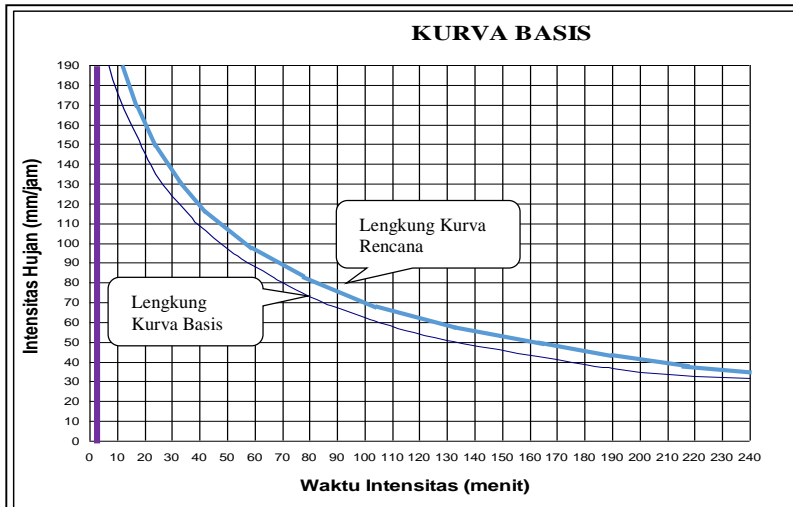
Karena, merupakan segmen lanjutan dari saluran sebelumnya, sehingga harus memperhitungkan waktu konsentrasi sejauh 200 m

$$\begin{aligned} t_2 &= \frac{L}{60 \times V} \\ &= \frac{200}{60 \times 1,8} \\ &= 1,852 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_c &= t_1 + t_2 \\ &= 4,486 + 1,852 \\ &= 6,338 \text{ menit} \end{aligned}$$

2. Menentukan intensitas hujan rencana (I)

Intensitas hujan ditentukan dengan cara memplotkan harga  $T_c = 6,338$  menit, kemudian tarik garis ke atas hingga memotong intensitas hujan kurva rencana dan intensitas hujan maksimum, maka didapat nilai  $I = 190$  mm/jam



3. Menentukan luas daerah pengaliran dan koefisien pengaliran

Perkerasan jalan	$A_1 = 6 \times 200 = 1200 \text{ m}^2$
Bahu jalan	$A_2 = 1,5 \times 200 = 300 \text{ m}^2$
Pemukiman	$A_3 = 50 \times 200 = 10000 \text{ m}^2$
Perbukitan	$A_4 = 671,233 = 671,233 \text{ m}^2$
<hr/>	
<b>A</b>	<b><math>= 12171,23 \text{ m}^2</math></b>

Menentukan besarnya koefisien pengaliran,

Perkerasan jalan	$C_1 = 0,95$
Bahu jalan	$C_2 = 0,95$
Pemukiman	$C_3 = 0,40$
Perbukitan	$C_4 = 0,80$

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + C_3 \cdot A_3 + C_4 \cdot A_4}{A}$$

$$= \frac{(0,95 \cdot 1200) + (0,95 \cdot 300) + (0,4 \cdot 10000) + (0,8 \cdot 671,233 \cdot 0,4)}{12171,233}$$

$$= 0,464$$

4. Menentukan debit aliran (Q)

$$A = 12171,233 \text{ m}^2 = 0,0122 \text{ km}^2$$

$$C = 0,464$$

$$I = 190 \text{ mm/jam}$$

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

$$= 0,278 \times 0,464 \times 190 \times 0,0122$$

$$= 0,299 \text{ m}^3/\text{detik}$$

5. Perhitungan dimensi saluran

Saluran direncanakan terdiri dari pasangan batu kali dengan kecepatan aliran ijin 1,8 m/det.

Penampang basah saluran samping dihitung menggunakan,

$$Fd = \frac{Q}{V}$$

$$= \frac{0,299}{1,8}$$

$$= 0,166 \text{ m}^2$$

Karena luasan minimum pada saluran tepi lebih kecil dari persyaratan minimum sebesar  $0,5 \text{ m}^2$ , maka luasan yang dipakai sebesar  $0,5 \text{ m}^2$ .



Syarat:

$$\frac{b+2h}{2} = h\sqrt{m^2+1}$$

$$\frac{b+2h}{2} = h\sqrt{1^2+1}$$

$$b = 0,828h$$

$$\begin{aligned} A &= (b+m \cdot h)h \\ &= (0,828h+h)h \\ &= 1,828h^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= A \\ 1,828h^2 &= 0,5 \text{ m}^2 \longrightarrow h=0,52\text{m}; \\ & b = 0,43\text{m} \end{aligned}$$

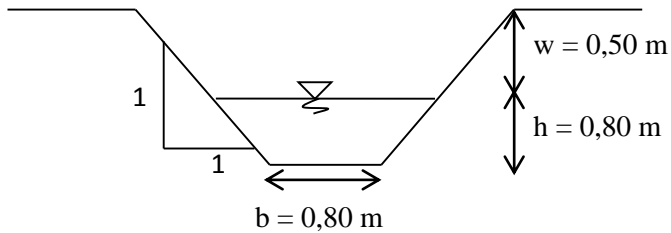
Ambil untuk dimensi dari saluran tepi  
bentuk trapesium,

$$h = 0,5 \text{ m}$$

$$b = 0,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} w &= \sqrt{0,5 \cdot h} \\ &= 0,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka, dapat diilustrasikan sebagai berikut  
penampang melintang saluran tepi.



6. Kemiringan saluran yang diijinkan.

$$V_{\text{rencana}} = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2}$$

Saluran dibuat dari tanah lurus teratur dalam kondisi baik, dari tabel Manning didapat harga  $n = 0,020$ . Dan kecepatan air ijin  $= 1,8 \text{ m/det}$ .

$$R = \frac{Fd}{P}$$

$$Fd = 0,50 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} P &= b + 2h\sqrt{m^2 + 1} \\ &= 0,8 + 2 \cdot 0,8\sqrt{1^2 + 1} \\ &= 3,06 \text{ m} \end{aligned}$$

$$R = \frac{0,5}{3,06} = 0,163 \text{ m} \sim 0,16 \text{ m}$$

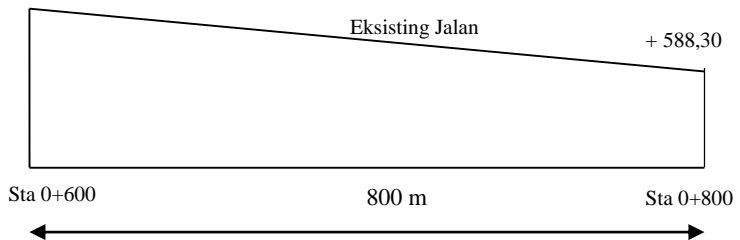
$$\begin{aligned} i &= \left( \frac{V \cdot m}{R^{2/3}} \right)^2 \\ &= \left( \frac{1,8 \cdot 0,03}{0,16^{2/3}} \right)^2 \end{aligned}$$

$$= 0,0335$$

Jadi, kemiringan yang diijinkan  $\text{-----} \rightarrow i_{\text{ijin}} = 0,0335 \sim 3,4\%$

### 7. Periksa kemiringan tanah di lapangan ( $i_{\text{lapangan}}$ )

+ 597,20



Sta 0+600 ( $h_1$ ) : +597,20

Sta 0+800 ( $h_2$ ) : +588,30

$$\begin{aligned} i_{\text{lapangan}} &= \frac{h_1 - h_2}{L} \times 100\% \\ &= \frac{597,20 - 588,30}{200} \times 100\% \\ &= 3,26\% \end{aligned}$$

Dengan,  $i_{\text{lapangan}} (= 3,26\%) < i_{\text{ijin}} (= 3,4\%)$  maka saluran untuk Sta 0+600 – 0+800 tidak digunakan pematah arus.

### 8. Kontrol kecepatan aliran rata-rata

$$V_{\text{saluran}} = \frac{Q}{Fd}$$

$$= \frac{0,182}{0,5}$$

$$= 1,801 \text{ m/det}$$

$V_{\text{saluran}} (= 0,364 \text{ m/det}) < V_{\text{ijin}} (= 1,8 \text{ m/det}) \dots\dots\dots \text{OK!}$

9. Kontrol dimensi saluran bentuk trapesium

$$A = \frac{1}{2} (b_1 + b_2) \times h$$

$$= \frac{1}{2} (0,5 + 0,5) \times 1,0$$

$$= 0,5 \text{ m}^3$$

$$Q_{\text{saluran}} = A \times V$$

$$= 0,5 \times 1,8$$

$$= 1,64 \text{ m}^3/\text{det}$$

$Q_{\text{saluran}} (= 0,9 \text{ m}^3/\text{det}) > Q_{\text{total}} (= 0,5 \text{ m}^3/\text{det}) \dots\dots\dots \text{OK!}$

**5.4.2.5 Perencanaan dimensi saluran tepi (drainase)  
pada STA 0+800 – 1+000**

1. Menentukan waktu konsentrasi ( $T_c$ )
  - Menentukan inlet time ( $t_1$ ) pada perkerasan
  - Menentukan inlet time ( $t_1$ ) pada perkerasan

$$t_{\text{perkerasan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 6 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,02}} \right)^{0,167} = 1,032 \text{ menit}$$

$$t_{\text{bahu jalan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 1,5 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,04}} \right)^{0,167} = 0,773 \text{ menit}$$

$$t_{\text{bahu jalan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 25 \times \frac{0,02}{\sqrt{0,006}} \right)^{0,167} = 1,556 \text{ menit}$$

$$t_{\text{perbukitan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 4,12 \times \frac{0,200}{\sqrt{1,21}} \right)^{0,167} = 1,086 \text{ menit}$$


---


$$t_1 = 4,446 \text{ menit}$$

- Menentukan flow time ( $t_2$ )

$$t_2 = 200 \text{ m}$$

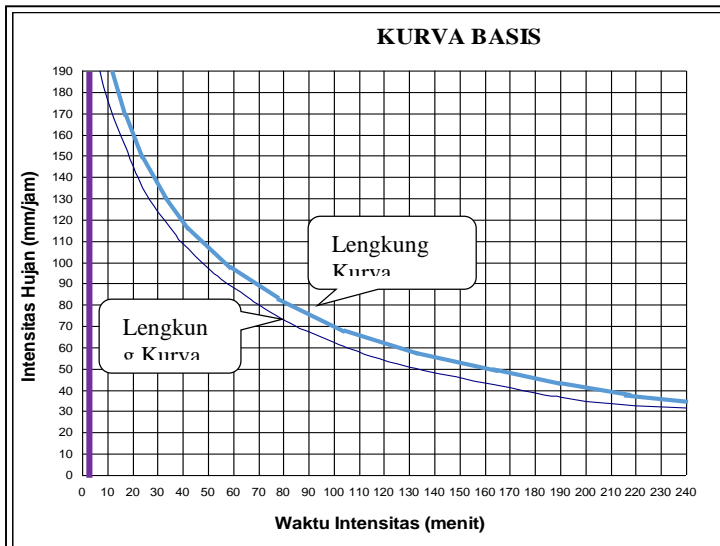
Karena, merupakan segmen lanjutan dari saluran sebelumnya, sehingga harus memperhitungkan waktu konsentrasi sejauh 200 m

$$\begin{aligned} t_2 &= \frac{L}{60 \times V} \\ &= \frac{200}{60 \times 1,8} \\ &= 1,852 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_c &= t_1 + t_2 \\ &= 4,446 + 1,852 \\ &= 6,298 \text{ menit} \end{aligned}$$

2. Menentukan intensitas hujan rencana (I)

Intensitas hujan ditentukan dengan cara memplotkan harga  $T_c = 6,298$  menit, kemudian tarik garis ke atas hingga memotong intensitas hujan kurva rencana dan intensitas hujan maksimum, maka didapat nilai  $I = 190$  mm/jam



3. Menentukan luas daerah pengaliran dan koefisien pengaliran

Perkerasan jalan	$A_1 = 6 \times 200 = 1200 \text{ m}^2$
Bahu jalan	$A_2 = 1,5 \times 200 = 300 \text{ m}^2$
Pemukiman	$A_3 = 50 \times 200 = 10000 \text{ m}^2$
Perbukitan	$A_4 = 1626,178 = 1626,178 \text{ m}^2$
	$A = 13126,18 \text{ m}^2$

Menentukan besarnya koefisien pengaliran,

Perkerasan jalan	$C_1 = 0,95$
Bahu jalan	$C_2 = 0,95$
Pemukiman	$C_3 = 0,40$
Area perbukitan	$C_4 = 0,80$

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + C_3 \cdot A_3 + C_4 \cdot A_4}{A}$$

$$= \frac{(0,95 \cdot 1200) + (0,95 \cdot 300) + (0,4 \cdot 10000) + (0,80 \cdot 1626,178 \cdot 0,4)}{13126,18}$$

$$= 0,453$$

4. Menentukan debit aliran (Q)

$$A = 13126,18 \text{ m}^2 = 0,0131 \text{ km}^2$$

$$C = 0,453$$

$$I = 190 \text{ mm/jam}$$

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

$$= 0,278 \times 0,453 \times 190 \times 0,0131$$

$$= 0,313 \text{ m}^3/\text{detik}$$

5. Perhitungan dimensi saluran

Saluran direncanakan terdiri dari pasangan batu kali dengan kecepatan aliran ijin 1,8 m/det.

Penampang basah saluran samping dihitung menggunakan,

$$Fd = \frac{Q}{V}$$

$$= \frac{0,313}{1,8}$$

$$= 0,174 \text{ m}^2$$

Karena luasan minimum pada saluran tepi lebih kecil dari persyaratan minimum sebesar  $0,5 \text{ m}^2$ , maka luasan yang dipakai sebesar  $0,5 \text{ m}^2$ .

Syarat:

$$\frac{b+2h}{2} = h\sqrt{m^2+1}$$

$$\frac{b+2h}{2} = h\sqrt{1^2+1}$$

$$b = 0,828h$$

$$\begin{aligned} A &= (b+m \cdot h)h \\ &= (0,828h+h)h \\ &= 1,828h^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= A \\ 1,828h^2 &= 0,50 \text{ m}^2 \longrightarrow h = 0,52\text{m} \\ & \quad b = 0,43\text{m} \end{aligned}$$

Ambil untuk dimensi dari saluran tepi bentuk trapesium,

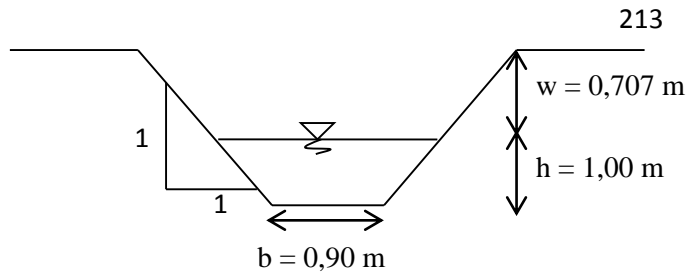
$$h = 1,00 \text{ m}$$

$$b = 0,90 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} w &= \sqrt{0,5 \cdot h} \\ &= 0,707 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka, dapat diilustrasikan sebagai berikut penampang melintang saluran tepi.





6. Kemiringan saluran yang diijinkan.

$$V_{\text{rencana}} = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2}$$

Saluran dibuat dari tanah lurus teratur dalam kondisi baik, dari tabel Manning didapat harga  $n = 0,020$ . Dan kecepatan air ijin  $= 1,8 \text{ m/det}$ .

$$R = \frac{Fd}{P}$$

$$Fd = 0,50 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 P &= b + 2h\sqrt{m^2 + 1} \\
 &= 0,9 + 2 \cdot 1,0\sqrt{1^2 + 1} \\
 &= 3,73 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$R = \frac{0,50}{3,73} = 0,13 \text{ m}$$

$$i = \left( \frac{V \cdot m}{R^{2/3}} \right)^2$$

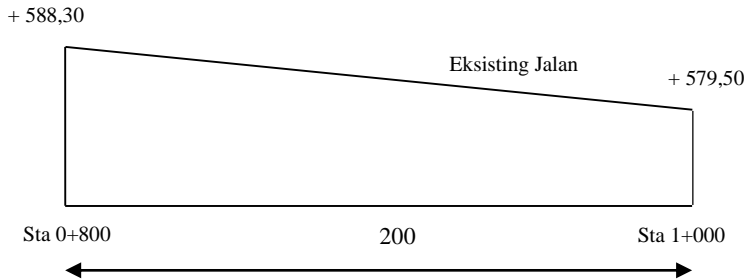
$$= \left( \frac{1,8 \cdot 0,03}{0,13^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$= 0,04011$$

Jadi, kemiringan yang diijinkan ----->

$$i_{ijin} = 0,0442 \sim 4,42\%$$

### 7. Periksa kemiringan tanah di lapangan ( $i_{lapangan}$ )



$$\text{Sta 0+800 (h}_1\text{)} : +588,30$$

$$\text{Sta 1+000 (h}_2\text{)} : +579,50$$

$$i_{lapangan} = \frac{h_1 - h_2}{L} \times 100\%$$

$$= \frac{588,30 - 579,50}{200} \times 100\%$$

$$= 4,4\%$$

Dengan,  $i_{lapangan} (= 4,4\%) < i_{ijin} (= 4,42\%)$  maka saluran untuk Sta 0+800 – 1+000 tidak digunakan pematahan.

## 8. Kontrol kecepatan aliran rata-rata

$$\begin{aligned}
 V_{\text{saluran}} &= \frac{Q}{Fd} \\
 &= \frac{0,5}{0,5} \\
 &= 1 \text{ m/det}
 \end{aligned}$$

$$V_{\text{saluran}} (= 1 \text{ m/det}) < V_{\text{ijin}} (= 1,8 \text{ m/det}) \dots \text{OK!}$$

## 9. Kontrol dimensi saluran bentuk trapesium

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{2} (b_1 + b_2) \times h \\
 &= \frac{1}{2} (1,0 + 0,707) \times 1,43 \\
 &= 1,023 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{saluran}} &= A \times V \\
 &= 1,023 \times 1,8 \\
 &= 1,45 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

$$Q_{\text{saluran}} (= 1,45 \text{ m}^3/\text{det}) > Q_{\text{total}} (= 0,5 \text{ m}^3/\text{det}) \text{ OK!}$$

#### 5.4.2.6 Perencanaan dimensi saluran tepi (drainase) pada STA 1+000 – 1+200

1. Menentukan waktu konsentrasi ( $T_c$ )
  - Menentukan inlet time ( $t_1$ ) pada perkerasan

$$t_{\text{perkerasan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 6 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,02}} \right)^{0,167} = 1,032 \text{ menit}$$

$$t_{\text{bahu jalan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 1,5 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,04}} \right)^{0,167} = 0,773 \text{ menit}$$

$$t_{\text{bahu jalan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 25 \times \frac{0,02}{\sqrt{0,006}} \right)^{0,167} = 1,556 \text{ menit}$$

$$t_{\text{perbukitan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 6,34 \times \frac{0,200}{\sqrt{0,16}} \right)^{0,167} = 1,383 \text{ menit}$$

---


$$t_1 = 4,743 \text{ menit}$$

- Menentukan flow time ( $t_2$ )

$$t_2 = 200 \text{ m}$$

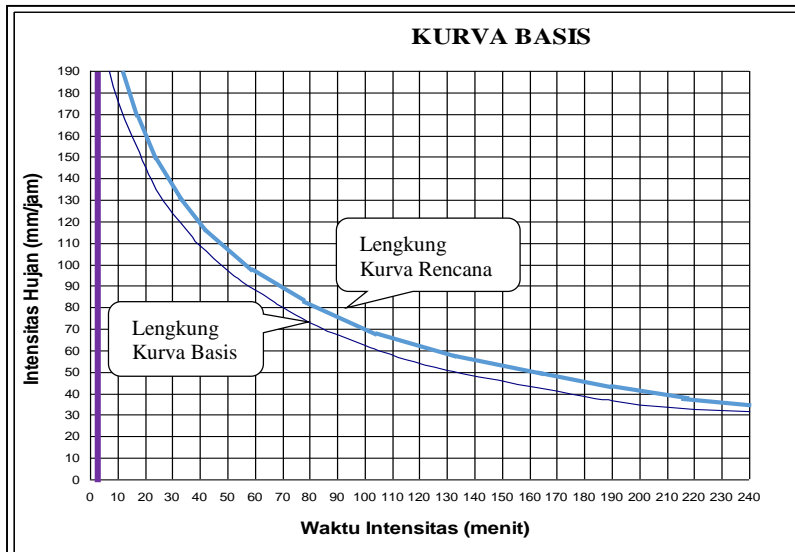
Karena, merupakan segmen lanjutan dari saluran sebelumnya, sehingga harus memperhitungkan waktu konsentrasi sejauh 200 m

$$\begin{aligned} t_2 &= \frac{L}{60 \times V} \\ &= \frac{200}{60 \times 1,8} \\ &= 1,852 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_c &= t_1 + t_2 \\ &= 4,743 + 1,852 \\ &= 6,595 \text{ menit} \end{aligned}$$

2. Menentukan intensitas hujan rencana (I)

Intensitas hujan ditentukan dengan cara memplotkan harga  $T_c = 6,595$  menit, kemudian tarik garis ke atas hingga memotong intensitas hujan kurva rencana dan intensitas hujan maksimum, maka didapat nilai  $I = 190 \text{ mm/jam}$



3. Menentukan luas daerah pengaliran dan koefisien pengaliran

Perkerasan jalan	$A_1 = 6 \times 200 = 1200 \text{ m}^2$
Bahu jalan	$A_2 = 1,5 \times 200 = 300 \text{ m}^2$
Pemukiman	$A_3 = 50 \times 200 = 10000 \text{ m}^2$
Perbukitan	$A_4 = 190,828 = 190,828 \text{ m}^2$
	$A = 11690,83 \text{ m}^2$

Menentukan besarnya koefisien pengaliran,

Perkerasan jalan	$C_1 = 0,95$
Bahu jalan	$C_2 = 0,95$
Pemukiman	$C_3 = 0,40$
Perbukitan	$C_4 = 0,80$

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + C_3 \cdot A_3 + C_4 \cdot A_4}{A}$$

$$= \frac{(0,95 \cdot 1200) + (0,95 \cdot 300) + (0,4 \cdot 10000) + (0,8 \cdot 190,828 \cdot 0,4)}{11690,83}$$

$$= 0,469$$

4. Menentukan debit aliran (Q)

$$A = 11690,83 \text{ m}^2 = 0,0117 \text{ km}^2$$

$$C = 0,469$$

$$I = 190 \text{ mm/jam}$$

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

$$= 0,278 \times 0,469 \times 190 \times 0,0117$$

$$= 0,289 \text{ m}^3/\text{detik}$$

5. Perhitungan dimensi saluran

Saluran direncanakan terdiri dari pasangan batu kali dengan kecepatan aliran ijin 1,8 m/det.

Penampang basah saluran samping dihitung menggunakan,

$$Fd = \frac{Q}{V}$$

$$= \frac{0,289}{1,8}$$

$$= 0,161 \text{ m}^2$$

Karena luasan minimum pada saluran tepi lebih kecil dari persyaratan minimum sebesar  $0,5 \text{ m}^2$ , maka luasan yang dipakai sebesar  $0,5 \text{ m}^2$ .

Syarat:

$$\frac{b+2h}{2} = h\sqrt{m^2+1}$$

$$\frac{b+2h}{2} = h\sqrt{1^2+1}$$

$$b = 0,828h$$

$$\begin{aligned} A &= (b+m \cdot h)h \\ &= (0,828h+h)h \\ &= 1,828h^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= A \\ 1,828h^2 &= 0,5 \text{ m}^2 \longrightarrow h = 0,52 \end{aligned}$$

m

$$b = 0,43$$

m

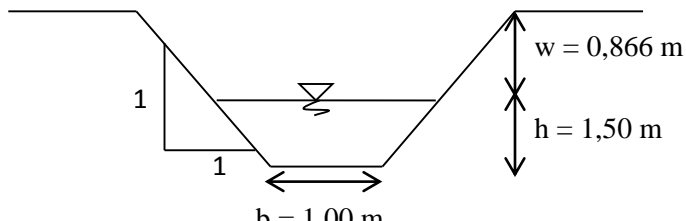
Ambil untuk dimensi dari saluran tepi  
bentuk trapesium,

$$h = 1,5 \text{ m}$$

$$b = 1,0 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} w &= \sqrt{0,5 \cdot h} \\ &= 0,775 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka, dapat diilustrasikan sebagai berikut  
penampang melintang saluran tepi.



6. Kemiringan saluran yang diijinkan.

$$V_{\text{rencana}} = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2}$$

Saluran dibuat dari tanah lurus teratur dalam kondisi baik, dari tabel Manning didapat harga  $n = 0,020$ . Dan kecepatan air ijin  $= 1,8 \text{ m/det}$ .

$$R = \frac{Fd}{P}$$

$$Fd = 0,67 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} P &= b + 2h\sqrt{m^2 + 1} \\ &= 1,0 + 2 \cdot 1,5\sqrt{1^2 + 1} \\ &= 5,24 \text{ m} \end{aligned}$$

$$R = \frac{0,5}{5,24} = 0,09 \text{ m}$$

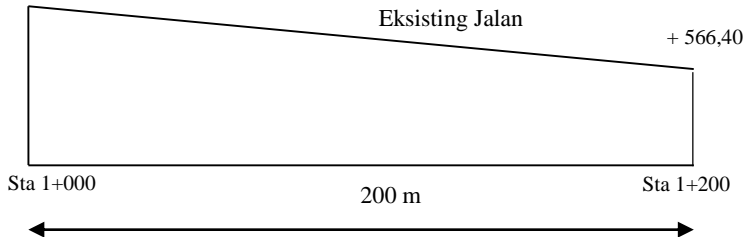
$$\begin{aligned} i &= \left( \frac{V \cdot m}{R^{2/3}} \right)^2 \\ &= \left( \frac{1,8 \cdot 0,03}{0,09^{2/3}} \right)^2 \\ &= 0,0673 \end{aligned}$$



Jadi, kemiringan yang diijinkan  $\text{-----} \rightarrow i_{\text{ijin}} = 0,0673 \sim 6,73\%$

7. Periksa kemiringan tanah di lapangan ( $i_{\text{lapangan}}$ )

+ 579,50



Sta 1+000 ( $h_1$ ) : +579,50

Sta 1+200 ( $h_2$ ) : +566,40

$$\begin{aligned}
 i_{\text{lapangan}} &= \frac{h_1 - h_2}{L} \times 100\% \\
 &= \frac{579,50 - 566,40}{200} \times 100\% \\
 &= 6,5\%
 \end{aligned}$$

Dengan,  $i_{\text{lapangan}} (= 6,5\%) < i_{\text{ijin}} (= 6,73\%)$  maka saluran untuk Sta 1+000 – 1+200 tidak digunakan pematahan arus.

8. Kontrol kecepatan aliran rata-rata

$$\begin{aligned}
 V_{\text{saluran}} &= \frac{Q}{Fd} \\
 &= \frac{0,289}{0,5}
 \end{aligned}$$

$$= 0,578 \text{ m/det}$$

$$V_{\text{saluran}} (= 0,578 \text{ m/det}) < V_{\text{ijin}} (= 1,8 \text{ m/det}) \dots\dots\dots \text{OK!}$$

9. Kontrol dimensi saluran bentuk trapesium

$$A = \frac{1}{2} (b_1 + b_2) \times h$$

$$= \frac{1}{2} (1,5 + 0,86) \times 2,36$$

$$= 2,78 \text{ m}^3$$

$$Q_{\text{saluran}} = A \times V$$

$$= 2,78 \times 1,8$$

$$= 5,013 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$Q_{\text{saluran}} (= 5,013 \text{ m}^3/\text{det}) > Q_{\text{total}} (= 0,5 \text{ m}^3/\text{det}) \dots\dots\dots \text{OK!}$$

#### 5.4.2.7 Perencanaan dimensi saluran tepi (drainase) pada STA 1+200 – 1+400

1. Menentukan waktu konsentrasi ( $T_c$ )

- Menentukan inlet time ( $t_i$ ) pada perkerasan

$$t_{\text{perkerasan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 6 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,02}} \right)^{0,167} = 1,032 \text{ menit}$$

$$t_{\text{bahu jalan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 1,5 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,04}} \right)^{0,167} = 0,773 \text{ menit}$$

$$t_{\text{bahu jalan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 25 \times \frac{0,02}{\sqrt{0,006}} \right)^{0,167} = 1,556 \text{ menit}$$

$$t_{\text{perbukitan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 7,28 \times \frac{0,200}{\sqrt{0,27}} \right)^{0,167} = 1,352 \text{ menit}$$

---


$$t_i = 4,712 \text{ menit}$$

- Menentukan flow time ( $t_2$ )

$$t_2 = 200 \text{ m}$$

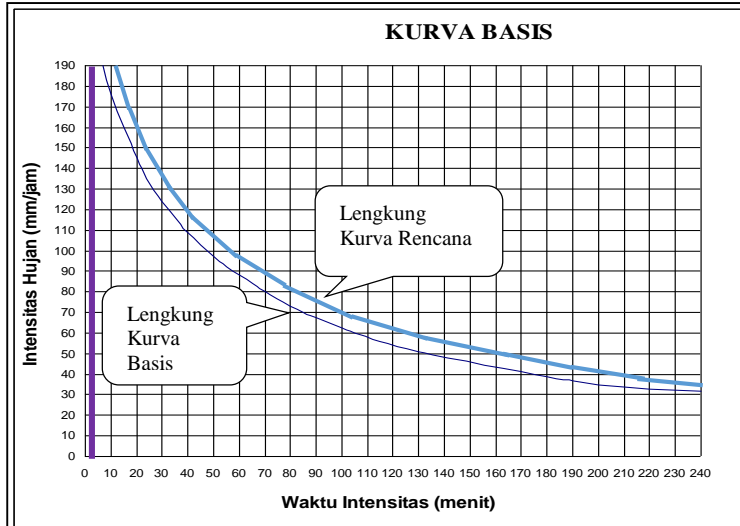
Karena, merupakan segmen lanjutan dari saluran sebelumnya, sehingga harus memperhitungkan waktu konsentrasi sejauh 200 m

$$\begin{aligned} t_2 &= \frac{L}{60 \times V} \\ &= \frac{200}{60 \times 1,8} \\ &= 1,852 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_c &= t_1 + t_2 \\ &= 4,712 + 1,852 \\ &= 6,564 \text{ menit} \end{aligned}$$

2. Menentukan intensitas hujan rencana (I)

Intensitas hujan ditentukan dengan cara memplotkan harga  $T_c = 6,564$  menit, kemudian tarik garis ke atas hingga memotong intensitas hujan kurva rencana dan intensitas hujan maksimum, maka didapat nilai  $I = 190 \text{ mm/jam}$ .



3. Menentukan luas daerah pengaliran dan koefisien pengaliran

Perkerasan jalan  $A_1 = 6 \times 200 = 1200 \text{ m}^2$

Bahu jalan  $A_2 = 1,5 \times 200 = 1050 \text{ m}^2$

Pemukiman  $A_3 = 50 \times 200 = 35000 \text{ m}^2$

Tebing  $A_4 = 1528,595 = 1528,595 \text{ m}^2$

---

$A = 13028,60 \text{ m}^2$

Menentukan besarnya koefisien pengaliran,

Perkerasan jalan  $C_1 = 0,95$

Bahu jalan  $C_2 = 0,95$

Pemukiman  $C_3 = 0,40$

Perbukitan  $C_4 = 0,80$

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + C_3 \cdot A_3 + C_4 \cdot A_4}{A}$$

$$= \frac{(0,95 \cdot 1200) + (0,95 \cdot 300) + (0,4 \cdot 10000) + (0,8 \cdot 1528,595 \cdot 0,4)}{13028,60}$$

$$= 0,454$$

4. Menentukan debit aliran (Q)

$$A = 13028,60 \text{ m}^2 = 0,01302 \text{ km}^2$$

$$C = 0,454$$

$$I = 190 \text{ mm/jam}$$

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

$$= 0,278 \times 0,454 \times 190 \times 0,01302$$

$$= 0,312 \text{ m}^3/\text{detik}$$

5. Perhitungan dimensi saluran

Saluran direncanakan terdiri dari pasangan batu kali dengan kecepatan aliran ijin 1,8 m/det.

Penampang basah saluran samping dihitung menggunakan,

$$Fd = \frac{Q}{V}$$

$$= \frac{0,312}{1,8}$$

$$= 0,173 \text{ m}^2$$

Karena luasan minimum pada saluran tepi lebih kecil dari persyaratan minimum sebesar  $0,5 \text{ m}^2$ , maka luasan yang dipakai sebesar  $0,5 \text{ m}^2$ .

Syarat:

$$\frac{b+2h}{2} = h\sqrt{m^2+1}$$

$$\frac{b+2h}{2} = h\sqrt{1^2+1}$$

$$b = 0,828h$$

$$\begin{aligned} A &= (b+m \cdot h)h \\ &= (0,828h+h)h \\ &= 1,828h^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= A \\ 1,828h^2 &= 0,5 \text{ m}^2 \longrightarrow \begin{aligned} h &= 0,52 \text{ m} \\ b &= 0,43 \text{ m} \end{aligned} \end{aligned}$$

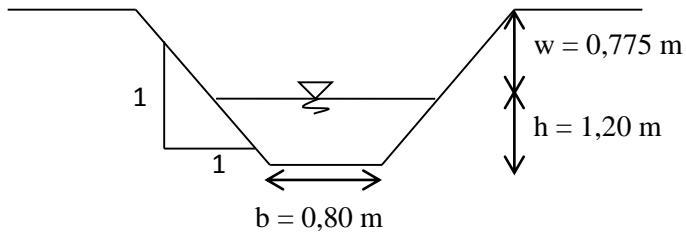
Ambil untuk dimensi dari saluran tepi  
bentuk trapesium,

$$h = 1,2 \text{ m}$$

$$b = 0,8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} w &= \sqrt{0,5 \cdot h} \\ &= 0,632 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka, dapat diilustrasikan sebagai berikut  
penampang melintang saluran tepi.



6. Kemiringan saluran yang diijinkan.

$$V_{\text{rencana}} = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2}$$

Saluran dibuat dari tanah lurus teratur dalam kondisi baik, dari tabel Manning didapat harga  $n = 0,020$ . Dan kecepatan air ijin =  $1,10 \text{ m/det}$ .

$$R = \frac{Fd}{P}$$

$$Fd = 0,50 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} P &= b + 2h\sqrt{m^2 + 1} \\ &= 0,8 + 2 \cdot 1,2\sqrt{1^2 + 1} \\ &= 4,19 \text{ m} \end{aligned}$$

$$R = \frac{0,50}{4,19} = 0,12 \text{ m}$$

$$i = \left( \frac{V \cdot m}{R^{2/3}} \right)^2$$

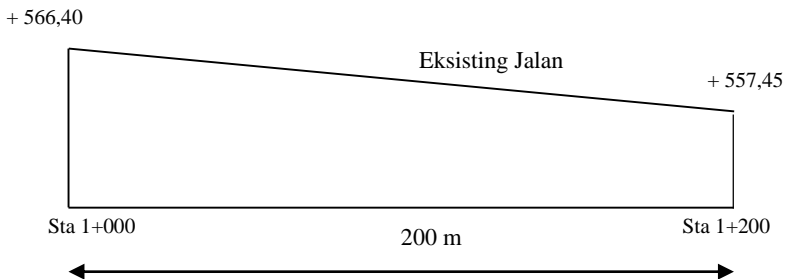
$$= \left( \frac{1,8 \cdot 0,03}{0,12^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$= 0,01757$$

Jadi, kemiringan yang diijinkan ----->

$$i_{ijin} = 0,0493 \sim 4,93\%$$

### 7. Periksa kemiringan tanah di lapangan ( $i_{lapangan}$ )



$$\text{Sta 1+200 (h}_1\text{)} : +566,40$$

$$\text{Sta 1+400 (h}_2\text{)} : +557,45$$

$$i_{lapangan} = \frac{h_1 - h_2}{L} \times 100\%$$

$$= \frac{566,40 - 557,45}{200} \times 100\%$$

$$= 4,48\%$$

Dengan,  $i_{lapangan} (= 4,48\%) > i_{ijin} (= 4,93\%)$   
 maka saluran untuk Sta 1+500 – 2+200 tidak  
 digunakan pematah arus.

### 8. Kontrol kecepatan aliran rata-rata



$$\begin{aligned}
 V_{\text{saluran}} &= \frac{Q}{Fd} \\
 &= \frac{0,298}{0,50} \\
 &= 0,596 \text{ m/det}
 \end{aligned}$$

$$V_{\text{saluran}} (= 0,596 \text{ m/det}) < V_{\text{ijin}} (= 1,8 \text{ m/det}) \dots\dots \text{OK!}$$

9. Kontrol dimensi saluran bentuk trapesium

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{2} (b_1 + b_2) \times h \\
 &= \frac{1}{2} (0,8 + 0,55) \times 1,35 \\
 &= 0,91125 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{saluran}} &= A \times V \\
 &= 0,91125 \times 1,8 \\
 &= 1,64 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

$$Q_{\text{saluran}} (= 1,64 \text{ m}^3/\text{det}) > Q_{\text{total}} (= 0,5 \text{ m}^3/\text{det}) \dots\dots \text{OK!}$$

**5.4.2.8 Perencanaan dimensi saluran tepi (drainase)  
pada STA 1+400 – 1+600**

1. Menentukan waktu konsentrasi ( $T_c$ )
  - Menentukan inlet time ( $t_i$ ) pada perkerasan

$$t_{\text{perkerasan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 6 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,02}} \right)^{0,167} = 1,032 \text{ menit}$$

$$t_{\text{bahu jalan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 1,5 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,04}} \right)^{0,167} = 0,773 \text{ menit}$$

$$t_{\text{bahu jalan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 25 \times \frac{0,02}{\sqrt{0,006}} \right)^{0,167} = 1,556 \text{ menit}$$

$$t_{\text{perbukitan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 3,08 \times \frac{0,200}{\sqrt{0,32}} \right)^{0,167} = 1,155 \text{ menit}$$

---


$$t_1 = 4,515 \text{ menit}$$

- Menentukan flow time ( $t_2$ )

$$t_2 = 200 \text{ m}$$

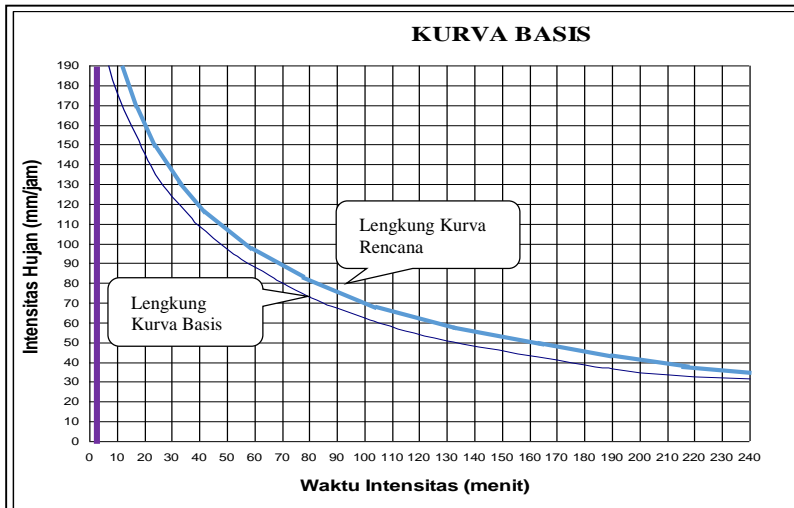
Karena, merupakan segmen lanjutan dari saluran sebelumnya, sehingga harus memperhitungkan waktu konsentrasi sejauh 200 m

$$\begin{aligned} t_2 &= \frac{L}{60 \times V} \\ &= \frac{200}{60 \times 1,8} \\ &= 1,852 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_c &= t_1 + t_2 \\ &= 4,515 + 1,852 \\ &= 6,367 \text{ menit} \end{aligned}$$

2. Menentukan intensitas hujan rencana (I)

Intensitas hujan ditentukan dengan cara memplotkan harga  $T_c = 6,367$  menit, kemudian tarik garis ke atas hingga memotong intensitas hujan kurva rencana dan intensitas hujan maksimum, maka didapat nilai  $I = 190$  mm/jam



3. Menentukan luas daerah pengaliran dan koefisien pengaliran

Perkerasan jalan	$A_1 = 6 \times 200 = 1200 \text{ m}^2$
Bahu jalan	$A_2 = 1,5 \times 200 = 300 \text{ m}^2$
Pemukiman	$A_3 = 50 \times 200 = 10000 \text{ m}^2$
Tebing	$A_4 = 3137,779 = 3137,779 \text{ m}^2$
<b>A</b>	<b><math>= 14637,78 \text{ m}^2</math></b>

Menentukan besarnya koefisien pengaliran,

Perkerasan jalan	$C_1 = 0,95$
Bahu jalan	$C_2 = 0,95$
Pemukiman	$C_3 = 0,40$
Perbukitan	$C^4 = 0,80$

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + C_3 \cdot A_3 + C_4 \cdot A_4}{A}$$

$$= \frac{(0,95 \cdot 1200) + (0,95 \cdot 300) + (0,4 \cdot 10000) + (0,8 \cdot 3137,779 \cdot 0,4)}{14637,78}$$

$$= 0,439$$

4. Menentukan debit aliran (Q)

$$A = 14637,78 \text{ m}^2 = 0,0146 \text{ km}^2$$

$$C = 0,439$$

$$I = 190 \text{ mm/jam}$$

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

$$= 0,278 \times 0,439 \times 190 \times 0,0146$$

$$= 0,338 \text{ m}^3/\text{detik}$$

5. Perhitungan dimensi saluran

Saluran direncanakan terdiri dari pasangan batu kali dengan kecepatan aliran 1,8 m/det.

Penampang basah saluran samping dihitung menggunakan,

$$Fd = \frac{Q}{V}$$

$$= \frac{0,338}{1,8}$$

$$= 0,187 \text{ m}^2$$

Karena luasan minimum pada saluran tepi lebih kecil dari persyaratan minimum sebesar  $0,5 \text{ m}^2$ , maka luasan yang dipakai sebesar  $0,5 \text{ m}^2$ .

Syarat:

$$\frac{b+2h}{2} = h\sqrt{m^2+1}$$

$$\frac{b+2h}{2} = h\sqrt{1^2+1}$$

$$b = 0,828h$$

$$\begin{aligned} A &= (b+m \cdot h)h \\ &= (0,828h+h)h \\ &= 1,828h^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= A \\ 1,828h^2 &= 0,5 \text{ m}^2 \longrightarrow h = 0,52 \end{aligned}$$

m;

$$b = 0,43$$

m

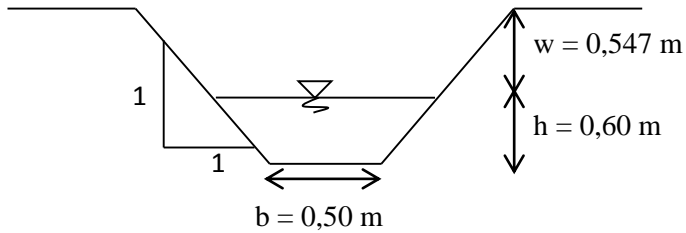
Ambil untuk dimensi dari saluran tepi  
bentuk trapesium,

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$b = 0,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} w &= \sqrt{0,5 \cdot h} \\ &= 0,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka, dapat diilustrasikan sebagai berikut  
penampang melintang saluran tepi.



6. Kemiringan saluran yang diijinkan.

$$V_{\text{rencana}} = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2}$$

Saluran dibuat dari tanah lurus teratur dalam kondisi baik, dari tabel Manning didapat harga  $n = 0,020$ . Dan kecepatan air ijin  $= 1,10 \text{ m/det}$ .

$$R = \frac{Fd}{P}$$

$$Fd = 0,50 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 P &= b + 2h\sqrt{m^2 + 1} \\
 &= 0,5 + 2 \cdot 0,6\sqrt{1^2 + 1} \\
 &= 2,19 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$R = \frac{0,5}{2,19} = 0,227 \text{ m} \sim 0,23 \text{ m}$$

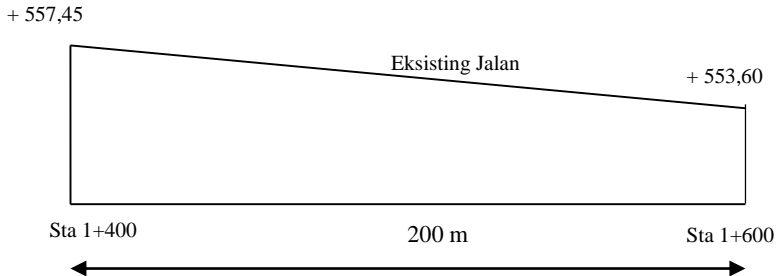
$$i = \left( \frac{V \cdot m}{R^{2/3}} \right)^2$$

$$= \left( \frac{1,8 \cdot 0,03}{0,23^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$= 0,0206$$

Jadi, kemiringan yang diijinkan -----►  $i_{ijin} = 0,0206 \sim 2,06\%$

#### 8. Periksa kemiringan tanah di lapangan ( $i_{lapangan}$ )



Sta 1+400 ( $h_1$ ) : +557,45

Sta 1+600 ( $h_2$ ) : +553,60

$$i_{lapangan} = \frac{h_1 - h_2}{L} \times 100\%$$

$$= \frac{557,45 - 553,60}{200} \times 100\%$$

$$= 1,93\%$$

Dengan,  $i_{lapangan} (= 1,93\%) < i_{ijin} (= 2,06\%)$   
maka saluran untuk Sta 1+400 – 1+600 tidak  
digunakan pematah arus.

## 10. Kontrol kecepatan aliran rata-rata

$$\begin{aligned}
 V_{\text{saluran}} &= \frac{Q}{Fd} \\
 &= \frac{0,338}{0,5} \\
 &= 0,676 \text{ m/det}
 \end{aligned}$$

$$V_{\text{saluran}} (= 0,676 \text{ m/det}) < V_{\text{ijin}} (= 1,8 \text{ m/det}) \dots\dots \text{OK!}$$

## 11. Kontrol dimensi saluran bentuk trapesium

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{2} (b_1 + b_2) \times h \\
 &= \frac{1}{2} (0,6 + 0,547) \times 1,147 \\
 &= 1,721 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{saluran}} &= A \times V \\
 &= 1,721 \times 1,8 \\
 &= 3,09 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

$$Q_{\text{saluran}} (= 3,09 \text{ m}^3/\text{det}) > Q_{\text{total}} (= 0,5 \text{ m}^3/\text{det}) \dots\dots \text{OK!}$$

#### 5.4.2.9 Perencanaan dimensi saluran tepi (drainase) pada STA 1+600 – 1+800

1. Menentukan waktu konsentrasi ( $T_c$ )

- Menentukan inlet time ( $t_1$ ) pada perkerasan

$$t_{\text{perkerasan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 6 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,02}} \right)^{0,167} = 1,032 \text{ menit}$$

$$t_{\text{bahu jalan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 1,5 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,04}} \right)^{0,167} = 0,773 \text{ menit}$$



$$t_{\text{bahu jalan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 25 \times \frac{0,02}{\sqrt{0,006}} \right)^{0,167} = 1,556 \text{ menit}$$

$$t_{\text{perbukitan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 8,58 \times \frac{0,2}{\sqrt{0,82}} \right)^{0,167} = 1,268 \text{ menit}$$

---


$$t_1 = 4,628 \text{ menit}$$

- Menentukan flow time ( $t_2$ )

$$t_2 = 200 \text{ m}$$

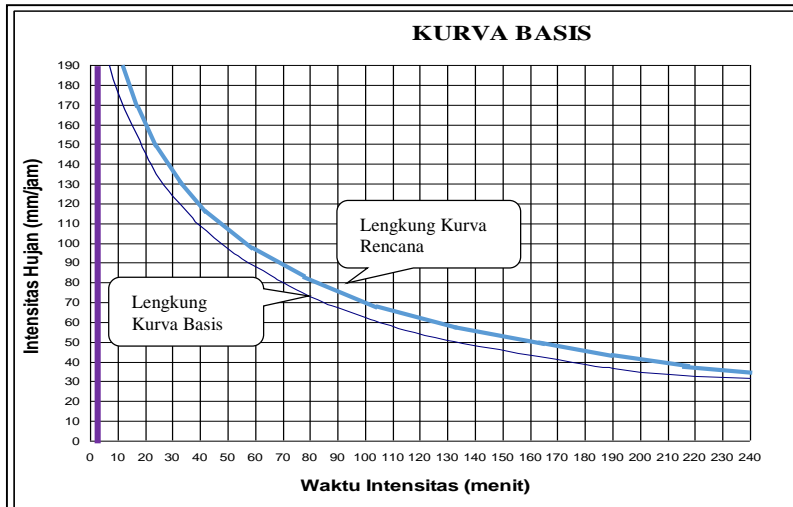
Karena, merupakan segmen lanjutan dari saluran sebelumnya, sehingga harus memperhitungkan waktu konsentrasi sejauh 200 m

$$\begin{aligned} t_2 &= \frac{L}{60 \times V} \\ &= \frac{50}{60 \times 1,10} \\ &= 0,758 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_c &= t_1 + t_2 \\ &= 3,31 + 0,758 \\ &= 4,068 \text{ menit} \end{aligned}$$

2. Menentukan intensitas hujan rencana (I)

Intensitas hujan ditentukan dengan cara memplotkan harga  $T_c = 4,628$  menit, kemudian tarik garis ke atas hingga memotong intensitas hujan kurva rencana dan intensitas hujan maksimum, maka didapat nilai  $I = 190$  mm/jam



3. Menentukan luas daerah pengaliran dan koefisien pengaliran

Perkerasan jalan	$A_1 = 6 \times 200$	$= 1200 \text{ m}^2$
Bahu jalan	$A_2 = 1,5 \times 200$	$= 300 \text{ m}^2$
Pemukiman	$A_3 = 50 \times 200$	$= 10000 \text{ m}^2$
Perbukitan	$A_4 = 5305,766$	$= 5305,766$

$\text{m}^2$

$$A = 16805,77 \text{ m}^2$$

Menentukan besarnya koefisien pengaliran,

Perkerasan jalan	$C_1 = 0,95$
Bahu jalan	$C_2 = 0,95$
Pemukiman	$C_3 = 0,40$
Perbukitan	$C^4 = 0,80$

$$\begin{aligned}
 C &= \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + C_3 \cdot A_3 + C_4 \cdot A_4}{A} \\
 &= \frac{(0,95 \cdot 1200) + (0,95 \cdot 300) + (0,4 \cdot 10000) + (0,8 \cdot 5303,766 \cdot 0,4)}{16805,77} \\
 &= 0,424
 \end{aligned}$$

4. Menentukan debit aliran (Q)

$$A = 16805,77 \text{ m}^2 = 0,0168 \text{ km}^2$$

$$C = 0,424$$

$$I = 190 \text{ mm/jam}$$

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

$$= 0,278 \times 0,424 \times 190 \times 0,0168$$

$$= 0,376 \text{ m}^3/\text{detik}$$

5. Perhitungan dimensi saluran

Saluran direncanakan terdiri dari lempung padat dengan kecepatan aliran 1,8 m/det.

Penampang basah saluran samping dihitung menggunakan,

$$\begin{aligned}
 Fd &= \frac{Q}{V} \\
 &= \frac{0,376}{1,8} \\
 &= 0,208 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Karena luasan minimum pada saluran tepi lebih kecil dari persyaratan minimum sebesar  $0,5 \text{ m}^2$ , maka luasan yang dipakai sebesar  $0,5 \text{ m}^2$ .

Syarat:

$$\frac{b+2h}{2} = h\sqrt{m^2+1}$$

$$\frac{b+2h}{2} = h\sqrt{1^2+1}$$

$$b = 0,828h$$

$$\begin{aligned} A &= (b+m \cdot h)h \\ &= (0,828h+h)h \\ &= 1,828h^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= A \\ 1,828h^2 &= 0,5 \text{ m}^2 \longrightarrow h = 0,52\text{m} \\ & \quad b = 0,43\text{m} \end{aligned}$$

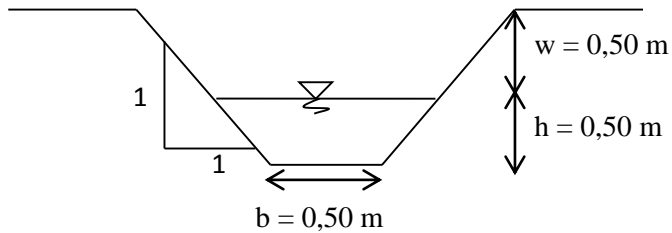
Ambil untuk dimensi dari saluran tepi  
bentuk trapesium,

$$h = 0,5 \text{ m}$$

$$b = 0,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} w &= \sqrt{0,5 \cdot h} \\ &= 0,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka, dapat diilustrasikan sebagai berikut  
penampang melintang saluran tepi.



6. Kemiringan saluran yang diijinkan.

$$V_{\text{rencana}} = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2}$$

Saluran dibuat dari tanah lurus teratur dalam kondisi baik, dari tabel Manning didapat harga  $n = 0,020$ . Dan kecepatan air ijin  $= 1,8 \text{ m/det}$ .

$$R = \frac{Fd}{P}$$

$$Fd = 0,50 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} P &= b + 2h\sqrt{m^2 + 1} \\ &= 0,5 + 2 \cdot 0,5\sqrt{1^2 + 1} \\ &= 1,91 \text{ m} \end{aligned}$$

$$R = \frac{0,5}{1,91} = 0,262 \text{ m} \sim 0,26 \text{ m}$$

$$i = \left( \frac{V \cdot m}{R^{2/3}} \right)^2$$

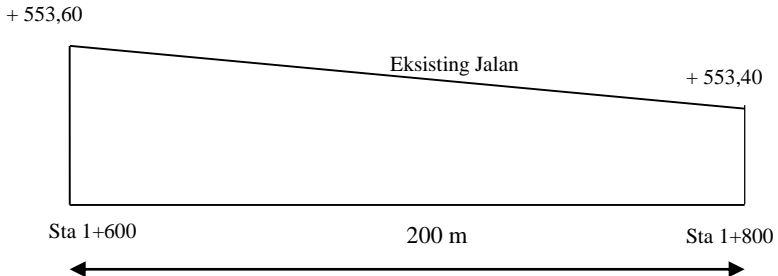
$$= \left( \frac{1,8 \cdot 0,03}{0,26^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$= 0,01757$$

Jadi, kemiringan yang diijinkan ----->

$$i_{ijin} = 0,01757 \sim 1,76\%$$

### 7. Periksa kemiringan tanah di lapangan ( $i_{lapangan}$ )



$$\text{Sta } 0+000 (h_1) : +553,60$$

$$\text{Sta } 0+700 (h_2) : +553,40$$

$$i_{lapangan} = \frac{h_1 - h_2}{L} \times 100\%$$

$$= \frac{553,60 - 553,40}{200} \times 100\%$$

$$= 2,1\%$$

Dengan,  $i_{lapangan} (= 2,1\%) < i_{ijin} (= 3,4\%)$  maka saluran untuk Sta 2+200 – 3+000 tidak digunakan pematahan arus.

### 8. Kontrol kecepatan aliran rata-rata

$$\begin{aligned}
 V_{\text{saluran}} &= \frac{Q}{Fd} \\
 &= \frac{0,376}{0,5} \\
 &= 0,752 \text{ m/det}
 \end{aligned}$$

$$V_{\text{saluran}} (= 0,752 \text{ m/det}) < V_{\text{ijin}} (= 1,8 \text{ m/det}) \dots\dots \text{OK!}$$

9. Kontrol dimensi saluran bentuk trapesium

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{2} (b_1 + b_2) \times h \\
 &= \frac{1}{2} (0,5 + 0,5) \times 1,0 \\
 &= 0,5 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{saluran}} &= A \times V \\
 &= 0,5 \times 1,8 \\
 &= 0,9 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

$$Q_{\text{saluran}} (= 0,9 \text{ m}^3/\text{det}) > Q_{\text{total}} (= 0,5 \text{ m}^3/\text{det}) \dots\dots \text{OK!}$$

**5.4.2.10 Perencanaan dimensi saluran tepi (drainase)  
pada STA 1+800 – 2+000**

1. Menentukan waktu konsentrasi ( $T_c$ )
- Menentukan inlet time ( $t_i$ ) pada perkerasan

$$t_{\text{perkerasan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 6 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,02}} \right)^{0,167} = 1,032 \text{ menit}$$

$$t_{\text{bahu jalan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 1,5 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,04}} \right)^{0,167} = 0,773 \text{ menit}$$

$$t_{\text{bahu jalan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 25 \times \frac{0,02}{\sqrt{0,006}} \right)^{0,167} = 1,556 \text{ menit}$$

$$t_{\text{perbukitan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 6,59 \times \frac{0,200}{\sqrt{0,16}} \right)^{0,167} = 1,397 \text{ menit}$$

---


$$t_1 = 4,757 \text{ menit}$$

- Menentukan flow time ( $t_2$ )

$$t_2 = 200 \text{ m}$$

Karena, merupakan segmen lanjutan dari saluran sebelumnya, sehingga harus memperhitungkan waktu konsentrasi sejauh 200 m

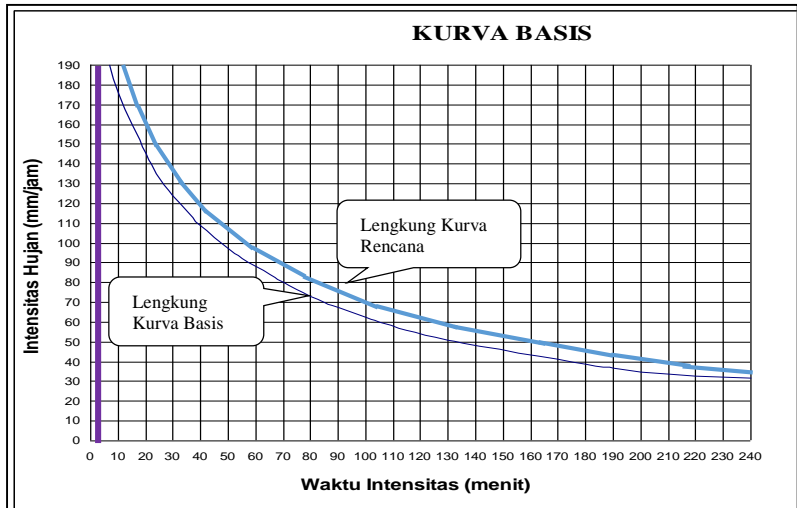
$$\begin{aligned} t_2 &= \frac{L}{60 \times V} \\ &= \frac{200}{60 \times 1,8} \\ &= 1,852 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_c &= t_1 + t_2 \\ &= 4,757 + 1,852 \\ &= 6,609 \text{ menit} \end{aligned}$$

2. Menentukan intensitas hujan rencana (I)

Intensitas hujan ditentukan dengan cara memplotkan harga  $T_c = 6,609$  menit, kemudian tarik garis ke atas hingga memotong intensitas hujan kurva rencana dan intensitas hujan maksimum, maka didapat nilai  $I = 190 \text{ mm/jam}$





3. Menentukan luas daerah pengaliran dan koefisien pengaliran

Perkerasan jalan	$A_1 = 6 \times 200$	$= 1200 \text{ m}^2$
Bahu jalan	$A_2 = 1,5 \times 200$	$= 300 \text{ m}^2$
Pemukiman	$A_3 = 50 \times 200$	$= 10000 \text{ m}^2$
Perbukitan	$A_4 = 604,78$	$= 607,78 \text{ m}^2$
<b>A</b>		<b><math>= 12104,87 \text{ m}^2</math></b>

Menentukan besarnya koefisien pengaliran,

Perkerasan jalan	$C_1 = 0,95$
Bahu jalan	$C_2 = 0,95$
Pemukiman	$C_3 = 0,40$
Perbukitan	$C_4 = 0,80$

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + C_3 \cdot A_3 + C_4 \cdot A_4}{A}$$

$$= \frac{(0,95 \cdot 4800) + (0,95 \cdot 1200) + (0,4 \cdot 40000 + (0,8 \cdot 14400 \cdot 0,4))}{60400}$$

$$= 0,464$$

4. Menentukan debit aliran (Q)

$$A = 12104,87 \text{ m}^2 = 0,0121 \text{ km}^2$$

$$C = 0,464$$

$$I = 190 \text{ mm/jam}$$

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

$$= 0,278 \times 0,464 \times 190 \times 0,0121$$

$$= 0,296 \text{ m}^3/\text{detik}$$

5. Perhitungan dimensi saluran

Saluran direncanakan terdiri dari pasangan batu kali dengan kecepatan aliran ijin 1,8 m/det.

Penampang basah saluran samping dihitung menggunakan,

$$Fd = \frac{Q}{V}$$

$$= \frac{0,296}{1,8}$$

$$= 0,165 \text{ m}^2$$

Karena luasan minimum pada saluran tepi lebih kecil dari persyaratan minimum sebesar  $0,5 \text{ m}^2$ , maka luasan yang dipakai sebesar  $0,5 \text{ m}^2$ .

Syarat:

$$\frac{b+2h}{2} = h\sqrt{m^2+1}$$

$$\frac{b+2h}{2} = h\sqrt{1^2+1}$$

$$b = 0,828h$$

$$\begin{aligned} A &= (b+m \cdot h)h \\ &= (0,828h+h)h \\ &= 1,828h^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= A \\ 1,828h^2 &= 0,5 \text{ m}^2 \longrightarrow h = 0,52 \\ \text{m ;} & \\ & b = 0,43 \\ & \text{m} \end{aligned}$$

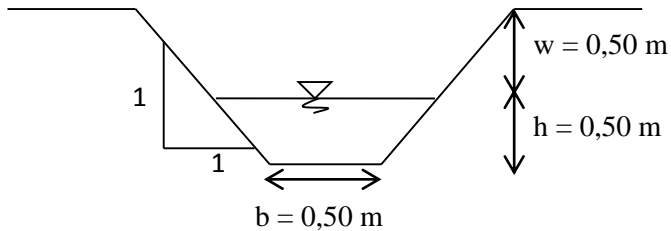
Ambil untuk dimensi dari saluran tepi  
bentuk trapesium,

$$h = 0,5 \text{ m}$$

$$b = 0,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} w &= \sqrt{0,5 \cdot h} \\ &= 0,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka, dapat diilustrasikan sebagai berikut  
penampang melintang saluran tepi.



6. Kemiringan saluran yang diijinkan.

$$V_{\text{rencana}} = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2}$$

Saluran dibuat dari tanah lurus teratur dalam kondisi baik, dari tabel Manning didapat harga  $n = 0,020$ . Dan kecepatan air ijin = 1,10 m/det.

$$R = \frac{Fd}{P}$$

$$Fd = 0,50 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} P &= b + 2h\sqrt{m^2 + 1} \\ &= 0,5 + 2 \cdot 0,5\sqrt{1^2 + 1} \\ &= 1,91 \text{ m} \end{aligned}$$

$$R = \frac{0,5}{1,91} = 0,262 \text{ m} \sim 0,26 \text{ m}$$

$$i = \left( \frac{V \cdot m}{R^{2/3}} \right)^2$$

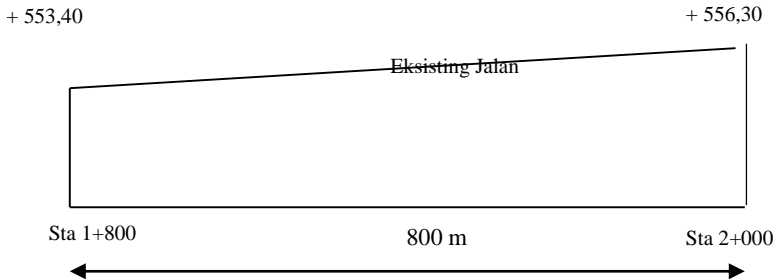
$$= \left( \frac{1,8 \cdot 0,03}{0,26^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$= 0,01757$$

Jadi, kemiringan yang diijinkan ----->

$$i_{\text{ijin}} = 0,01757 \sim 1,76\%$$

### 7. Periksa kemiringan tanah di lapangan ( $i_{\text{lapangan}}$ )



$$\text{Sta 1+800 (h}_1\text{)} : +553,40$$

$$\text{Sta 2+000 (h}_2\text{)} : +556,30$$

$$i_{\text{lapangan}} = \frac{h_1 - h_2}{L} \times 100\%$$

$$= \frac{553,40 - 556,30}{200} \times 100\%$$

$$= 1,45\%$$

Dengan,  $i_{\text{lapangan}} (= 1,45\%) < i_{\text{ijin}} (= 1,76\%)$  maka saluran untuk Sta 1+800 – 2+000 tidak digunakan pematahan arus.

### 8. Kontrol kecepatan aliran rata-rata

$$\begin{aligned}
 V_{\text{saluran}} &= \frac{Q}{Fd} \\
 &= \frac{0,296}{0,5} \\
 &= 0,592 \text{ m/det}
 \end{aligned}$$

$$V_{\text{saluran}} (= 0,592 \text{ m/det}) < V_{\text{ijin}} (= 1,8 \text{ m/det}) \dots\dots \text{OK!}$$

9. Kontrol dimensi saluran bentuk trapesium

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{2} (b_1 + b_2) \times h \\
 &= \frac{1}{2} (0,5 + 0,5) \times 1,0 \\
 &= 0,5 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{saluran}} &= A \times V \\
 &= 0,5 \times 1,8 \\
 &= 0,9 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

$$Q_{\text{saluran}} (= 0,9 \text{ m}^3/\text{det}) > Q_{\text{total}} (= 0,5 \text{ m}^3/\text{det}) \dots\dots \text{OK!}$$

**5.4.2.11 Perencanaan dimensi saluran tepi (drainase)  
pada STA 2+000 – 2+200**

1. Menentukan waktu konsentrasi (Tc)

- Menentukan inlet time (t<sub>i</sub>) pada perkerasan

$$t_{\text{perkerasan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 6 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,02}} \right)^{0,167} = 1,032 \text{ menit}$$

$$t_{\text{bahu jalan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 1,5 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,04}} \right)^{0,167} = 0,773 \text{ menit}$$

$$t_{\text{bahu jalan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 25 \times \frac{0,02}{\sqrt{0,006}} \right)^{0,167} = 1,556 \text{ menit}$$

$$t_{\text{perbukitan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 7,85 \times \frac{0,200}{\sqrt{0,51}} \right)^{0,167} = 1,300 \text{ menit}$$

---


$$t_1 = 4,66 \text{ menit}$$

- Menentukan flow time ( $t_2$ )

$$t_2 = 200 \text{ m}$$

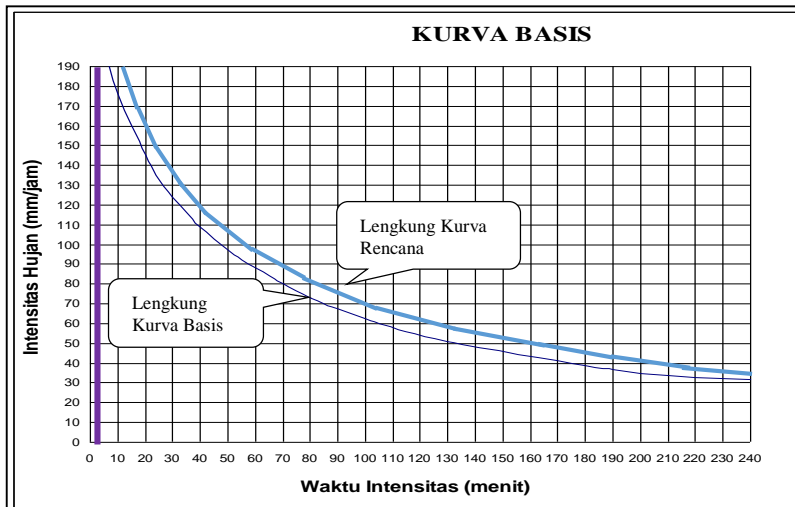
Karena, merupakan segmen lanjutan dari saluran sebelumnya, sehingga harus memperhitungkan waktu konsentrasi sejauh 200 m

$$\begin{aligned} t_2 &= \frac{L}{60 \times V} \\ &= \frac{200}{60 \times 1,8} \\ &= 1,852 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_c &= t_1 + t_2 \\ &= 4,66 + 1,852 \\ &= 6,512 \text{ menit} \end{aligned}$$

## 2. Menentukan intensitas hujan rencana (I)

Intensitas hujan ditentukan dengan cara memplotkan harga  $T_c = 6,512$  menit, kemudian tarik garis ke atas hingga memotong intensitas hujan kurva rencana dan intensitas hujan maksimum, maka didapat nilai  $I = 190 \text{ mm/jam}$



3. Menentukan luas daerah pengaliran dan koefisien pengaliran

Perkerasan jalan  $A_1 = 6 \times 200 = 1200 \text{ m}^2$

Bahu jalan  $A_2 = 1,5 \times 200 = 300 \text{ m}^2$

Pemukiman  $A_3 = 50 \times 200 = 10000 \text{ m}^2$

Perbukitan  $A_4 = 853,627 = 853,627 \text{ m}^2$

---

$A = 12353,63 \text{ m}^2$

Menentukan besarnya koefisien pengaliran,

Perkerasan jalan  $C_1 = 0,95$

Bahu jalan  $C_2 = 0,95$

Pemukiman  $C_3 = 0,40$

Perbukitan  $C^4 = 0,80$

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + C_3 \cdot A_3 + C_4 \cdot A_4}{A}$$



$$= \frac{(0,95 \cdot 1200) + (0,95 \cdot 300) + (0,4 \cdot 10000) + (0,8853,627 \cdot 0,4)}{12353,63}$$

$$= 0,461$$

4. Menentukan debit aliran (Q)

$$A = 12353,63 \text{ m}^2 = 0,0124 \text{ km}^2$$

$$C = 0,461$$

$$I = 190 \text{ mm/jam}$$

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

$$= 0,278 \times 0,461 \times 190 \times 0,0124$$

$$= 0,302 \text{ m}^3/\text{detik}$$

5. Perhitungan dimensi saluran

Saluran direncanakan terdiri dari pasangan batu kali dengan kecepatan aliran ijin 1,8 m/det.

Penampang basah saluran samping dihitung menggunakan,

$$Fd = \frac{Q}{V}$$

$$= \frac{0,302}{1,8}$$

$$= 0,167 \text{ m}^2$$

Karena luasan minimum pada saluran tepi lebih kecil dari persyaratan minimum sebesar  $0,5 \text{ m}^2$ , maka luasan yang dipakai sebesar  $0,5 \text{ m}^2$ .

Syarat:

$$\frac{b+2h}{2} = h\sqrt{m^2+1}$$

$$\frac{b+2h}{2} = h\sqrt{1^2+1}$$

$$b = 0,828h$$

$$\begin{aligned} A &= (b+m \cdot h)h \\ &= (0,828h+h)h \\ &= 1,828h^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= A \\ 1,828h^2 &= 0,5 \text{ m}^2 \longrightarrow h = 0,52 \\ \text{m} & \\ & b = 0,43 \\ \text{m} & \end{aligned}$$

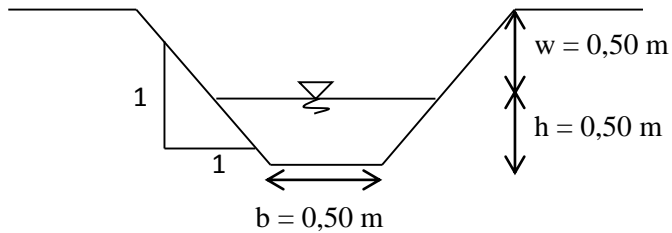
Ambil untuk dimensi dari saluran tepi bentuk trapesium,

$$h = 0,5 \text{ m}$$

$$b = 0,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} w &= \sqrt{0,5 \cdot h} \\ &= 0,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka, dapat diilustrasikan sebagai berikut penampang melintang saluran tepi.



6. Kemiringan saluran yang diijinkan.

$$V_{\text{rencana}} = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2}$$

Saluran dibuat dari tanah lurus teratur dalam kondisi baik, dari tabel Manning didapat harga  $n = 0,020$ . Dan kecepatan air ijin =  $1,8 \text{ m/det}$ .

$$R = \frac{Fd}{P}$$

$$Fd = 0,50 \text{ m}^2$$

$$P = b + 2h\sqrt{m^2 + 1}$$

$$= 0,5 + 2 \cdot 0,5\sqrt{1^2 + 1}$$

$$= 1,91 \text{ m}$$

$$R = \frac{0,5}{1,91} = 0,262 \text{ m} \sim 0,26 \text{ m}$$

$$i = \left( \frac{V \cdot m}{R^{2/3}} \right)^2$$

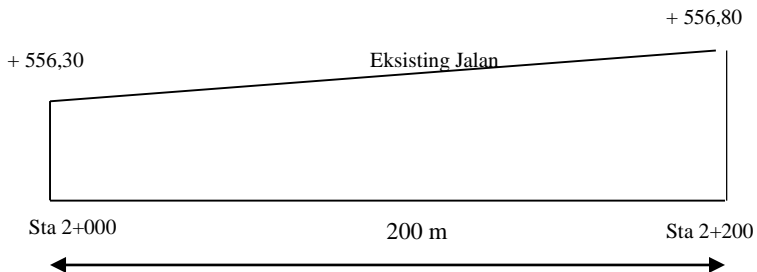
$$= \left( \frac{1,8 \cdot 0,03}{0,26^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$= 0,01757$$

Jadi, kemiringan yang diijinkan ----->

$$i_{ijin} = 0,01757 \sim 1,76\%$$

7. Periksa kemiringan tanah di lapangan ( $i_{lapangan}$ )



$$\text{Sta 2+000 } (h_1) : +556,30$$

$$\text{Sta 2+200 } (h_2) : +556,80$$

$$i_{lapangan} = \frac{h_1 - h_2}{L} \times 100\%$$

$$= \frac{556,30 - 556,80}{200} \times 100\%$$

$$= 0,25\%$$

Dengan,  $i_{lapangan} (= 0,25\%) < i_{ijin} (= 1,76\%)$   
 maka saluran untuk Sta 2+200 – 3+000 tidak  
 digunakan pematah arus.

8. Kontrol kecepatan aliran rata-rata

$$\begin{aligned}
 V_{\text{saluran}} &= \frac{Q}{Fd} \\
 &= \frac{0,302}{0,5} \\
 &= 0,604 \text{ m/det}
 \end{aligned}$$

$$V_{\text{saluran}} (= 0,604 \text{ m/det}) < V_{\text{ijin}} (= 1,8 \text{ m/det}) \dots\dots \text{OK!}$$

9. Kontrol dimensi saluran bentuk trapesium

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{2} (b_1 + b_2) \times h \\
 &= \frac{1}{2} (0,5 + 0,5) \times 1,0 \\
 &= 0,5 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{saluran}} &= A \times V \\
 &= 0,5 \times 1,8 \\
 &= 0,9 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

$$Q_{\text{saluran}} (= 0,9 \text{ m}^3/\text{det}) > Q_{\text{total}} (= 0,5 \text{ m}^3/\text{det}) \dots\dots \text{OK!}$$

**5.4.2.12 Perencanaan dimensi saluran tepi (drainase)  
pada STA 2+200 – 2+400**

1. Menentukan waktu konsentrasi ( $T_c$ )
- Menentukan inlet time ( $t_i$ ) pada perkerasan

$$t_{\text{perkerasan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 6 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,02}} \right)^{0,167} = 1,032 \text{ menit}$$

$$t_{\text{bahu jalan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 1,5 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,04}} \right)^{0,167} = 0,773 \text{ menit}$$

$$t_{\text{bahu jalan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 25 \times \frac{0,02}{\sqrt{0,006}} \right)^{0,167} = 1,556 \text{ menit}$$

$$t_{\text{perbukitan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 5,53 \times \frac{0,200}{\sqrt{0,54}} \right)^{0,167} = 1,220 \text{ menit}$$

---


$$t_1 = 4,58 \text{ menit}$$

- Menentukan flow time ( $t_2$ )

$$t_2 = 200 \text{ m}$$

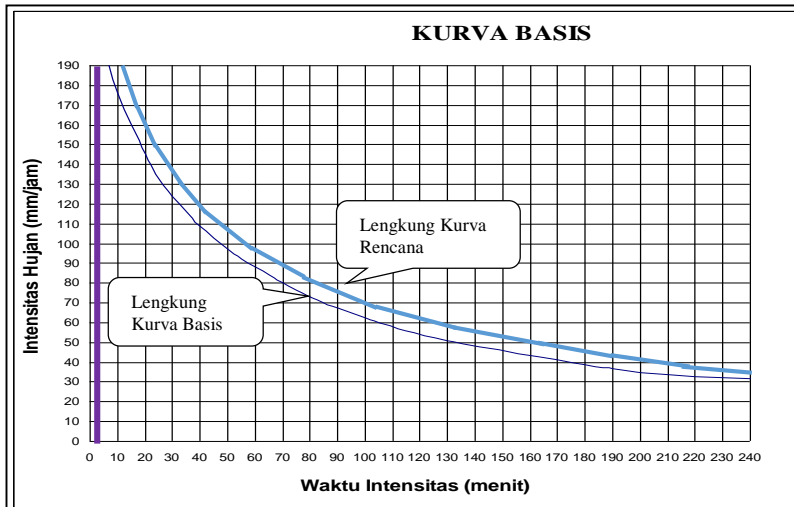
Karena, merupakan segmen lanjutan dari saluran sebelumnya, sehingga harus memperhitungkan waktu konsentrasi sejauh 200 m

$$\begin{aligned} t_2 &= \frac{L}{60 \times V} \\ &= \frac{200}{60 \times 1,8} \\ &= 1,852 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_c &= t_1 + t_2 \\ &= 4,58 + 1,852 \\ &= 6,432 \text{ menit} \end{aligned}$$

2. Menentukan intensitas hujan rencana (I)

Intensitas hujan ditentukan dengan cara memplotkan harga  $T_c = 6,432$  menit, kemudian tarik garis ke atas hingga memotong intensitas hujan kurva rencana dan intensitas hujan maksimum, maka didapat nilai  $I = 190$  mm/jam



3. Menentukan luas daerah pengaliran dan koefisien pengaliran

Perkerasan jalan	$A_1 = 6 \times 200$	$= 1200 \text{ m}^2$
Bahu jalan	$A_2 = 1,5 \times 200$	$= 300 \text{ m}^2$
Pemukiman	$A_3 = 50 \times 200$	$= 10000 \text{ m}^2$
Perbukitan	$A_4 = 109,74$	$= 109,74 \text{ m}^2$
<b>A</b>		<b><math>= 11609,74 \text{ m}^2</math></b>

Menentukan besarnya koefisien pengaliran,

Perkerasan jalan	$C_1 = 0,95$
Bahu jalan	$C_2 = 0,95$
Pemukiman	$C_3 = 0,40$
Perbukitan	$C_4 = 0,80$

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + C_3 \cdot A_3 + C_4 \cdot A_4}{A}$$

$$= \frac{(0,95 \cdot 1200) + (0,95 \cdot 300) + (0,10000) + (0,8.1910,004.0,4)}{11609,74}$$

$$= 0,470$$

4. Menentukan debit aliran (Q)

$$A = 11609,74 \text{ m}^2 = 0,0116 \text{ km}^2$$

$$C = 0,470$$

$$I = 190 \text{ mm/jam}$$

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

$$= 0,278 \times 0,470 \times 190 \times 0,0116$$

$$= 0,287 \text{ m}^3/\text{detik}$$

5. Perhitungan dimensi saluran

Saluran direncanakan terdiri dari pasangan batu kali dengan kecepatan aliran ijin 1,8 m/det.

Penampang basah saluran samping dihitung menggunakan,

$$Fd = \frac{Q}{V}$$

$$= \frac{0,287}{1,8}$$

$$= 0,159 \text{ m}^2$$

Karena luasan minimum pada saluran tepi lebih kecil dari persyaratan minimum sebesar  $0,5 \text{ m}^2$ , maka luasan yang dipakai sebesar  $0,5 \text{ m}^2$ .

Syarat:



$$\frac{b+2h}{2} = h\sqrt{m^2+1}$$

$$\frac{b+2h}{2} = h\sqrt{1^2+1}$$

$$b = 0,828h$$

$$\begin{aligned} A &= (b+m \cdot h)h \\ &= (0,828h+h)h \\ &= 1,828h^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= A \\ 1,828h^2 &= 0,5 \text{ m}^2 \longrightarrow h = 0,52\text{m} \\ & b = 0,43\text{m} \end{aligned}$$

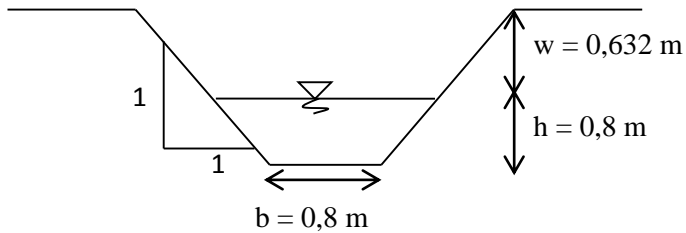
Ambil untuk dimensi dari saluran tepi bentuk trapesium,

$$h = 0,8 \text{ m}$$

$$b = 0,8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} w &= \sqrt{0,5 \cdot h} \\ &= 0,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka, dapat diilustrasikan sebagai berikut penampang melintang saluran tepi.



6. Kemiringan saluran yang diijinkan.

$$V_{\text{rencana}} = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2}$$

Saluran dibuat dari tanah lurus teratur dalam kondisi baik, dari tabel Manning didapat harga  $n = 0,020$ . Dan kecepatan air ijin  $= 1,10 \text{ m/det}$ .

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{Fd}{P} \\
 Fd &= 0,50 \text{ m}^2 \\
 P &= b + 2h\sqrt{m^2 + 1} \\
 &= 0,8 + 2 \cdot 0,8\sqrt{1^2 + 1} \\
 &= 3,06 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$R = \frac{0,5}{3,06} = 0,16 \text{ m}$$

$$i = \left( \frac{V \cdot m}{R^{2/3}} \right)^2$$

$$= \left( \frac{1,8 \cdot 0,03}{0,16^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

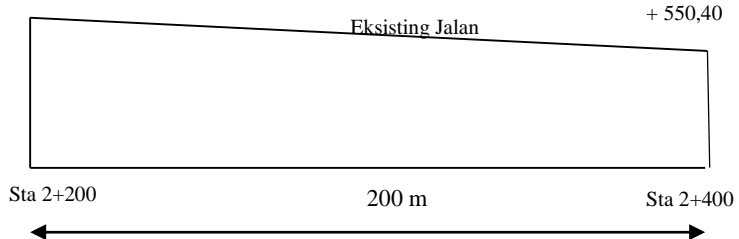
$$= 0,0335$$

Jadi, kemiringan yang diijinkan ----->

$$i_{\text{ijin}} = 0,0335 \sim 3,4\%$$

### 7. Periksa kemiringan tanah di lapangan ( $i_{\text{lapangan}}$ )

+ 556,80



$$\text{Sta } 0+000 (h_1) : +556,80$$

$$\text{Sta } 0+700 (h_2) : +550,40$$

$$i_{\text{lapangan}} = \frac{h_1 - h_2}{L} \times 100\%$$

$$= \frac{556,80 - 550,40}{200} \times 100\%$$

$$= 3,2\%$$

Dengan,  $i_{\text{lapangan}} (= 3,2\%) < i_{\text{ijin}} (= 3,4\%)$  maka saluran untuk Sta 2+200 – 3+000 tidak digunakan pematah arus.

### 8. Kontrol kecepatan aliran rata-rata

$$\begin{aligned}
 V_{\text{saluran}} &= \frac{Q}{Fd} \\
 &= \frac{0,32}{0,5} \\
 &= 0,64 \text{ m/det}
 \end{aligned}$$

$$V_{\text{saluran}} (= 0,64 \text{ m/det}) < V_{\text{ijin}} (= 1,8 \text{ m/det}) \dots\dots\dots \text{OK!}$$

9. Kontrol dimensi saluran bentuk trapesium

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{2} (b_1 + b_2) \times h \\
 &= \frac{1}{2} (0,5 + 0,5) \times 1,0 \\
 &= 0,5 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{saluran}} &= A \times V \\
 &= 0,5 \times 1,8 \\
 &= 0,9 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

$$Q_{\text{saluran}} (= 0,9 \text{ m}^3/\text{det}) > Q_{\text{total}} (= 0,5 \text{ m}^3/\text{det}) \dots\dots\dots \text{OK!}$$

**5.4.2.13 Perencanaan dimensi saluran tepi (drainase)  
pada STA 2+400 – 2+600**

1. Menentukan waktu konsentrasi (Tc)
- Menentukan inlet time (t<sub>i</sub>) pada perkerasan

$$t_{\text{perkerasan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 6 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,02}} \right)^{0,167} = 1,032 \text{ menit}$$

$$t_{\text{bahu jalan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 1,5 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,04}} \right)^{0,167} = 0,773 \text{ menit}$$

$$t_{\text{bahu jalan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 25 \times \frac{0,02}{\sqrt{0,006}} \right)^{0,167} = 1,556 \text{ menit}$$

$$t_{\text{perbukitan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 6,98 \times \frac{0,200}{\sqrt{0,14}} \right)^{0,167} = 1,417 \text{ menit}$$

---


$$t_1 = 4,777 \text{ menit}$$

- Menentukan flow time ( $t_2$ )

$$t_2 = 200 \text{ m}$$

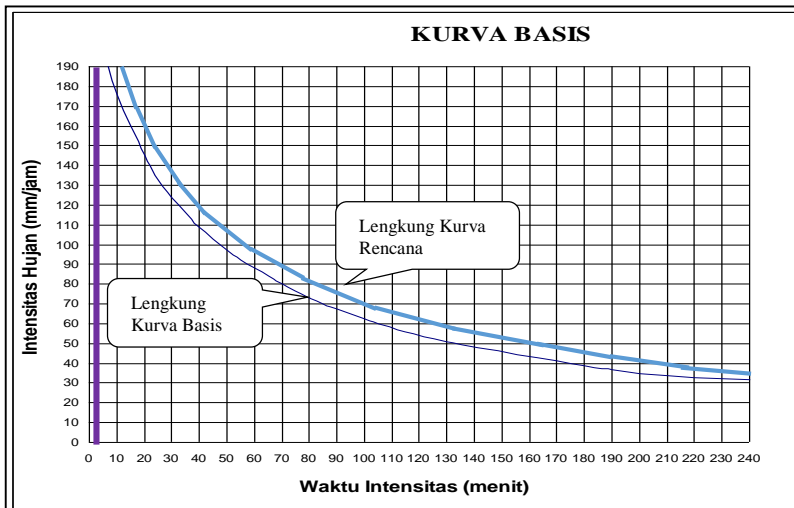
Karena, merupakan segmen lanjutan dari saluran sebelumnya, sehingga harus memperhitungkan waktu konsentrasi sejauh 200 m

$$\begin{aligned} t_2 &= \frac{L}{60 \times V} \\ &= \frac{200}{60 \times 1,8} \\ &= 1,852 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_c &= t_1 + t_2 \\ &= 4,777 + 1,852 \\ &= 6,629 \text{ menit} \end{aligned}$$

2. Menentukan intensitas hujan rencana (I)

Intensitas hujan ditentukan dengan cara memplotkan harga  $T_c = 6,629$  menit, kemudian tarik garis ke atas hingga memotong intensitas hujan kurva rencana dan intensitas hujan maksimum, maka didapat nilai  $I = 190$  mm/jam



3. Menentukan luas daerah pengaliran dan koefisien pengaliran

Perkerasan jalan  $A_1 = 6 \times 200 = 1200 \text{ m}^2$

Bahu jalan  $A_2 = 1,5 \times 200 = 300 \text{ m}^2$

Pemukiman  $A_3 = 50 \times 200 = 10000 \text{ m}^2$

Perbukitan  $A_4 = 1910,004 = 1910,004 \text{ m}^2$

---

$A = 13410,004 \text{ m}^2$

Menentukan besarnya koefisien pengaliran,

Perkerasan jalan  $C_1 = 0,95$

Bahu jalan  $C_2 = 0,95$

Pemukiman  $C_3 = 0,40$

Perbukitan  $C^4 = 0,80$

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + C_3 \cdot A_3 + C_4 \cdot A_4}{A}$$

$$= \frac{(0,95 \cdot 1200) + (0,95 \cdot 300) + (0,10000) + (0,8.1910,004.0,4)}{13410,004}$$

$$= 0,449$$

4. Menentukan debit aliran (Q)

$$A = 13451,36 \text{ m}^2 = 0,0135 \text{ km}^2$$

$$C = 0,449$$

$$I = 190 \text{ mm/jam}$$

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

$$= 0,278 \times 0,449 \times 190 \times 0,0135$$

$$= 0,45 \text{ m}^3/\text{detik}$$

5. Perhitungan dimensi saluran

Saluran direncanakan terdiri dari pasangan batu kali dengan kecepatan aliran ijin 1,8 m/det.

Penampang basah saluran samping dihitung menggunakan,

$$Fd = \frac{Q}{V}$$

$$= \frac{0,45}{1,8}$$

$$= 0,25 \text{ m}^2$$

Karena luasan minimum pada saluran tepi lebih kecil dari persyaratan minimum sebesar  $0,5 \text{ m}^2$ , maka luasan yang dipakai sebesar  $0,5 \text{ m}^2$ .

Syarat:

$$\frac{b+2h}{2} = h\sqrt{m^2+1}$$

$$\frac{b+2h}{2} = h\sqrt{1^2+1}$$

$$b = 0,828h$$

$$\begin{aligned} A &= (b+m \cdot h)h \\ &= (0,828h+h)h \\ &= 1,828h^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= A \\ 1,828h^2 &= 0,5 \text{ m}^2 \longrightarrow h = 0,52 \\ \text{m} & \\ & b = 0,43 \\ \text{m} \end{aligned}$$

Ambil untuk dimensi dari saluran tepi bentuk trapesium,

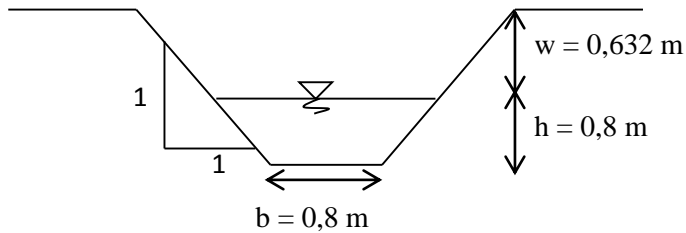
$$h = 0,8 \text{ m}$$

$$b = 0,8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} w &= \sqrt{0,5 \cdot h} \\ &= 0,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka, dapat diilustrasikan sebagai berikut penampang melintang saluran tepi.





6. Kemiringan saluran yang diijinkan.

$$V_{\text{rencana}} = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2}$$

Saluran dibuat dari tanah lurus teratur dalam kondisi baik, dari tabel Manning didapat harga  $n = 0,020$ . Dan kecepatan air ijin = 1,10 m/det.

$$R = \frac{Fd}{P}$$

$$Fd = 0,50 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} P &= b + 2h\sqrt{m^2 + 1} \\ &= 0,8 + 2 \cdot 0,8\sqrt{1^2 + 1} \\ &= 3,06 \text{ m} \end{aligned}$$

$$R = \frac{0,5}{3,06} = 0,16 \text{ m}$$

$$i = \left( \frac{V \cdot m}{R^{2/3}} \right)^2$$

$$= \left( \frac{1,8 \cdot 0,03}{0,16^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

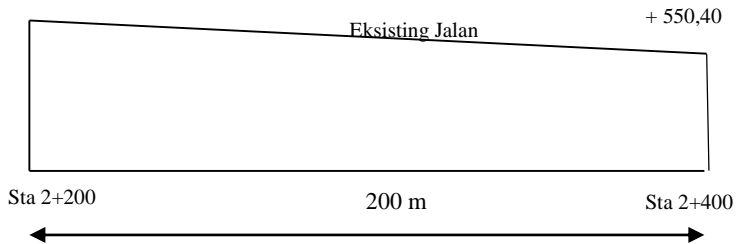
$$= 0,0335$$

Jadi, kemiringan yang diijinkan ----->

$$i_{ijin} = 0,0335 \sim 3,4\%$$

### 7. Periksa kemiringan tanah di lapangan ( $i_{lapangan}$ )

+ 556,80



$$\text{Sta } 0+000 (h_1) : +556,80$$

$$\text{Sta } 0+700 (h_2) : +550,40$$

$$i_{lapangan} = \frac{h_1 - h_2}{L} \times 100\%$$

$$= \frac{556,80 - 550,40}{200} \times 100\%$$

$$= 3,2\%$$

Dengan,  $i_{lapangan} (= 3,2\%) < i_{ijin} (= 3,4\%)$  maka saluran untuk Sta 2+200 – 3+000 tidak digunakan pematahar arus.

## 8. Kontrol kecepatan aliran rata-rata

$$\begin{aligned}
 V_{\text{saluran}} &= \frac{Q}{Fd} \\
 &= \frac{0,32}{0,5} \\
 &= 0,64 \text{ m/det}
 \end{aligned}$$

$$V_{\text{saluran}} (= 0,64 \text{ m/det}) < V_{\text{ijin}} (= 1,8 \text{ m/det}) \dots\dots \text{OK!}$$

## 9. Kontrol dimensi saluran bentuk trapesium

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{2} (b_1 + b_2) \times h \\
 &= \frac{1}{2} (0,5 + 0,5) \times 1,0 \\
 &= 0,5 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{saluran}} &= A \times V \\
 &= 0,5 \times 1,8 \\
 &= 0,9 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

$$Q_{\text{saluran}} (= 0,9 \text{ m}^3/\text{det}) > Q_{\text{total}} (= 0,5 \text{ m}^3/\text{det}) \dots\dots \text{OK!}$$

#### 5.4.2.14 Perencanaan dimensi saluran tepi (drainase) pada STA 2+600 – 2+800

## 1. Menentukan waktu konsentrasi (Tc)

- Menentukan inlet time (t<sub>i</sub>) pada perkerasan

$$t_{\text{perkerasan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 6 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,02}} \right)^{0,167} = 1,032 \text{ menit}$$

$$t_{\text{bahu jalan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 1,5 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,04}} \right)^{0,167} = 0,773 \text{ menit}$$

$$t_{\text{bahu jalan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 25 \times \frac{0,02}{\sqrt{0,006}} \right)^{0,167} = 1,556 \text{ menit}$$

$$t_{\text{perbukitan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 12,53 \times \frac{0,200}{\sqrt{0,72}} \right)^{0,167} = 1,336 \text{ menit}$$

---


$$t_1 = 4,696 \text{ menit}$$

- Menentukan flow time ( $t_2$ )

$$t_2 = 200 \text{ m}$$

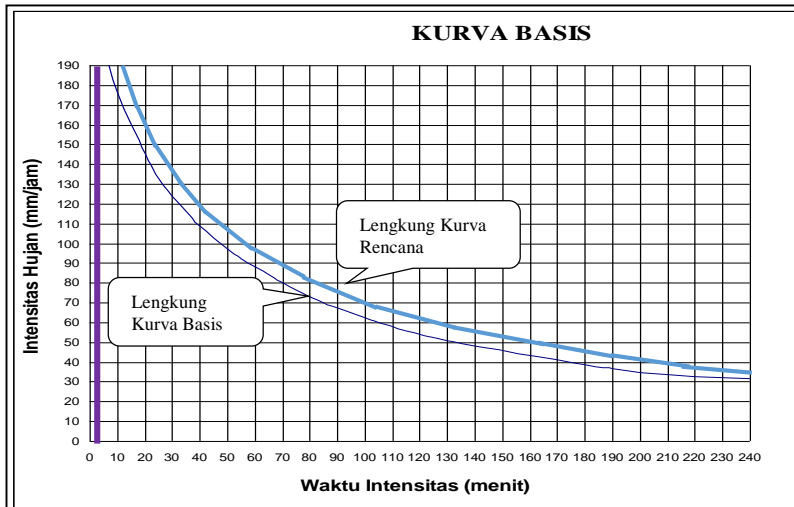
Karena, merupakan segmen lanjutan dari saluran sebelumnya, sehingga harus memperhitungkan waktu konsentrasi sejauh 200 m

$$\begin{aligned} t_2 &= \frac{L}{60 \times V} \\ &= \frac{200}{60 \times 1,8} \\ &= 1,852 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_c &= t_1 + t_2 \\ &= 4,696 + 1,852 \\ &= 6,548 \text{ menit} \end{aligned}$$

2. Menentukan intensitas hujan rencana (I)

Intensitas hujan ditentukan dengan cara memplotkan harga  $T_c = 6,548$  menit, kemudian tarik garis ke atas hingga memotong intensitas hujan kurva rencana dan intensitas hujan maksimum, maka didapat nilai  $I = 190 \text{ mm/jam}$



3. Menentukan luas daerah pengaliran dan koefisien pengaliran

Perkerasan jalan	$A_1 = 6 \times 200$	$= 1200 \text{ m}^2$
Bahu jalan	$A_2 = 1,5 \times 200$	$= 300 \text{ m}^2$
Pemukiman	$A_3 = 50 \times 200$	$= 10000 \text{ m}^2$
Tebing	$A_4 = 2291,042$	$= 2291,042 \text{ m}^2$
<b>A</b>		<b><math>= 13791,042 \text{ m}^2</math></b>

Menentukan besarnya koefisien pengaliran,

Perkerasan jalan	$C_1 = 0,95$
Bahu jalan	$C_2 = 0,95$
Pemukiman	$C_3 = 0,40$
Perbukitan	$C^4 = 0,80$

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + C_3 \cdot A_3 + C_4 \cdot A_4}{A}$$

$$= \frac{(0,95 \cdot 1200) + (0,95 \cdot 300) + (0,10000) + (0,8 \cdot 2291,042 \cdot 0,4)}{13791,042}$$

$$= 0,446$$

4. Menentukan debit aliran (Q)

$$A = 13791,042 \text{ m}^2 = 0,0137 \text{ km}^2$$

$$C = 0,446$$

$$I = 190 \text{ mm/jam}$$

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

$$= 0,278 \times 0,446 \times 190 \times 0,0137$$

$$= 0,323 \text{ m}^3/\text{detik}$$

5. Perhitungan dimensi saluran

Saluran direncanakan terdiri dari pasangan batu kali dengan kecepatan aliran ijin 1,8 m/det.

Penampang basah saluran samping dihitung menggunakan,

$$Fd = \frac{Q}{V}$$

$$= \frac{0,323}{1,8}$$

$$= 0,179 \text{ m}^2$$

Karena luasan minimum pada saluran tepi lebih kecil dari persyaratan minimum sebesar  $0,5 \text{ m}^2$ , maka luasan yang dipakai sebesar  $0,5 \text{ m}^2$ .

Syarat:

$$\frac{b+2h}{2} = h\sqrt{m^2+1}$$

$$\frac{b+2h}{2} = h\sqrt{1^2+1}$$

$$b = 0,828h$$

$$\begin{aligned} A &= (b+m \cdot h)h \\ &= (0,828h+h)h \\ &= 1,828h^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= A \\ 1,828h^2 &= 0,5 \text{ m}^2 \longrightarrow h = 0,52 \end{aligned}$$

m

$$b = 0,43$$

m

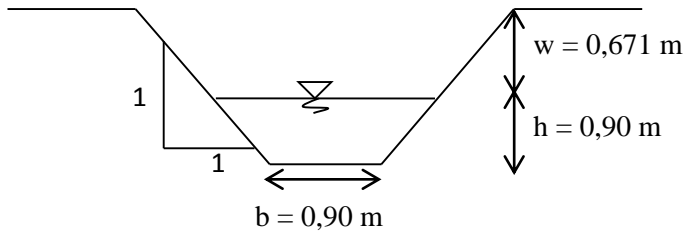
Ambil untuk dimensi dari saluran tepi bentuk trapesium,

$$h = 0,9 \text{ m}$$

$$b = 0,9 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} w &= \sqrt{0,5 \cdot h} \\ &= 0,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka, dapat diilustrasikan sebagai berikut penampang melintang saluran tepi.



6. Kemiringan saluran yang diijinkan.

$$V_{\text{rencana}} = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2}$$

Saluran dibuat dari tanah lurus teratur dalam kondisi baik, dari tabel Manning didapat harga  $n = 0,020$ . Dan kecepatan air ijin =  $1,10 \text{ m/det}$ .

$$R = \frac{Fd}{P}$$

$$Fd = 0,50 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} P &= b + 2h\sqrt{m^2 + 1} \\ &= 0,9 + 2 \cdot 0,9\sqrt{1^2 + 1} \\ &= 3,45 \text{ m} \end{aligned}$$

$$R = \frac{0,5}{3,45} = 0,144 \text{ m} \sim 0,14 \text{ m}$$

$$i = \left( \frac{V \cdot m}{R^{2/3}} \right)^2$$



$$= \left( \frac{1,8 \cdot 0,03}{0,14^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

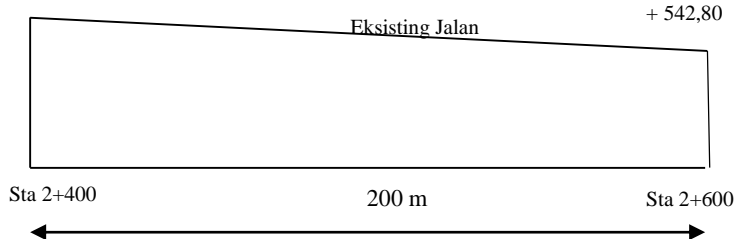
$$= 0,04011$$

Jadi, kemiringan yang diijinkan -----▶

$$i_{\text{ijin}} = 0,04011 \sim 4,01\%$$

### 7. Periksa kemiringan tanah di lapangan ( $i_{\text{lapangan}}$ )

+ 550,40



$$\text{Sta } 0+000 (h_1) : +550,40$$

$$\text{Sta } 0+700 (h_2) : +542,80$$

$$i_{\text{lapangan}} = \frac{h_1 - h_2}{L} \times 100\%$$

$$= \frac{550,40 - 542,80}{200} \times 100\%$$

$$= 3,8\%$$

Dengan,  $i_{\text{lapangan}} (= 3,8\%) < i_{\text{ijin}} (= 4,01\%)$  maka saluran untuk Sta 2+200 – 3+000 tidak digunakan pematah arus.

### 8. Kontrol kecepatan aliran rata-rata

$$\begin{aligned}
 V_{\text{saluran}} &= \frac{Q}{Fd} \\
 &= \frac{0,32}{0,5} \\
 &= 0,64 \text{ m/det}
 \end{aligned}$$

$$V_{\text{saluran}} (= 0,64 \text{ m/det}) < V_{\text{ijin}} (= 1,8 \text{ m/det}) \dots\dots\dots \text{OK!}$$

9. Kontrol dimensi saluran bentuk trapesium

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{2} (b_1 + b_2) \times h \\
 &= \frac{1}{2} (0,5 + 0,5) \times 1,0 \\
 &= 0,5 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{saluran}} &= A \times V \\
 &= 0,5 \times 1,8 \\
 &= 0,9 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

$$Q_{\text{saluran}} (= 0,9 \text{ m}^3/\text{det}) > Q_{\text{total}} (= 0,5 \text{ m}^3/\text{det}) \dots\dots\dots \text{OK!}$$

**5.4.2.15 Perencanaan dimensi saluran tepi (drainase)  
pada STA 2+800 – 3+000**

1. Menentukan waktu konsentrasi (Tc)

- Menentukan inlet time (t<sub>1</sub>) pada perkerasan

$$t_{\text{perkerasan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 6 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,02}} \right)^{0,167} = 1,032 \text{ menit}$$

$$t_{\text{bahu jalan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 1,5 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,04}} \right)^{0,167} = 0,773 \text{ menit}$$

$$t_{\text{bahu jalan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 25 \times \frac{0,02}{\sqrt{0,006}} \right)^{0,167} = 1,556 \text{ menit}$$

$$t_{\text{perbukitan}} = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 29,28 \times \frac{0,200}{\sqrt{0,47}} \right)^{0,167} = 1,630 \text{ menit}$$

---


$$t_1 = 4,99 \text{ menit}$$

- Menentukan flow time ( $t_2$ )

$$t_2 = 200 \text{ m}$$

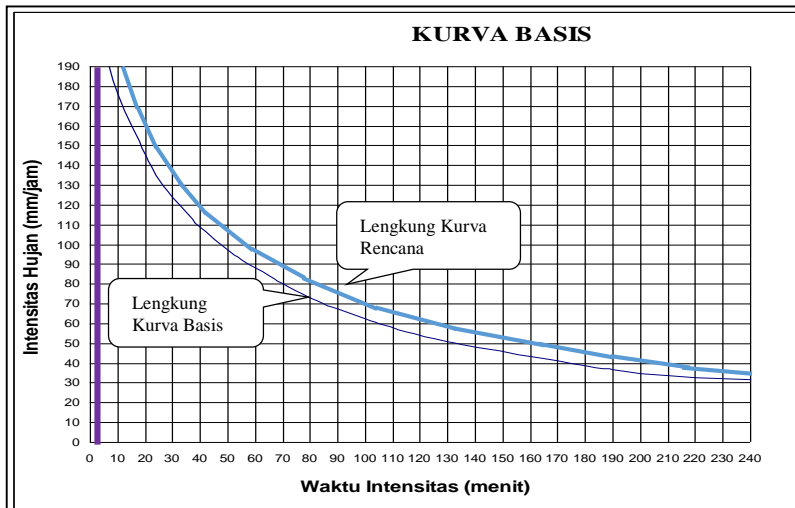
Karena, merupakan segmen lanjutan dari saluran sebelumnya, sehingga harus memperhitungkan waktu konsentrasi sejauh 200 m

$$\begin{aligned} t_2 &= \frac{L}{60 \times V} \\ &= \frac{200}{60 \times 1,8} \\ &= 1,852 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_c &= t_1 + t_2 \\ &= 4,99 + 1,852 \\ &= 6,842 \text{ menit} \end{aligned}$$

2. Menentukan intensitas hujan rencana (I)

Intensitas hujan ditentukan dengan cara memplotkan harga  $T_c = 6,842$  menit, kemudian tarik garis ke atas hingga memotong intensitas hujan kurva rencana dan intensitas hujan maksimum, maka didapat nilai  $I = 190$  mm/jam



3. Menentukan luas daerah pengaliran dan koefisien pengaliran

Perkerasan jalan  $A_1 = 6 \times 200 = 1200 \text{ m}^2$

Bahu jalan  $A_2 = 1,5 \times 200 = 300 \text{ m}^2$

Pemukiman  $A_3 = 50 \times 200 = 10000 \text{ m}^2$

Perbukitan  $A_4 = 2269,307 = 2269,302 \text{ m}^2$

---

$A = 13769,302 \text{ m}^2$

Menentukan besarnya koefisien pengaliran,

Perkerasan jalan  $C_1 = 0,95$

Bahu jalan  $C_2 = 0,95$

Pemukiman  $C_3 = 0,40$

Perbukitan  $C_4 = 0,80$

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + C_3 \cdot A_3 + C_4 \cdot A_4}{A}$$

$$= \frac{(0,95 \cdot 1200) + (0,95 \cdot 300) + (0,10000) + (0,8.2269,302,042,0,4)}{13769,302}$$

$$= 0,446$$

4. Menentukan debit aliran (Q)

$$A = 13791,042 \text{ m}^2 = 0,0137 \text{ km}^2$$

$$C = 0,446$$

$$I = 190 \text{ mm/jam}$$

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

$$= 0,278 \times 0,446 \times 190 \times 0,0137$$

$$= 0,323 \text{ m}^3/\text{detik}$$

5. Perhitungan dimensi saluran

Saluran direncanakan terdiri dari pasangan batu kali dengan kecepatan aliran ijin 1,8 m/det.

Penampang basah saluran samping dihitung menggunakan,

$$Fd = \frac{Q}{V}$$

$$= \frac{0,323}{1,8}$$

$$= 0,179 \text{ m}^2$$

Karena luasan minimum pada saluran tepi lebih kecil dari persyaratan minimum sebesar  $0,5 \text{ m}^2$ , maka luasan yang dipakai sebesar  $0,5 \text{ m}^2$ .

Syarat:

$$\frac{b+2h}{2} = h\sqrt{m^2+1}$$

$$\frac{b+2h}{2} = h\sqrt{1^2+1}$$

$$b = 0,828h$$

$$\begin{aligned} A &= (b+m \cdot h)h \\ &= (0,828h+h)h \\ &= 1,828h^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= A \\ 1,828h^2 &= 0,5 \text{ m}^2 \longrightarrow h = 0,52 \\ \text{m} & \\ & b = 0,43 \\ \text{m} \end{aligned}$$

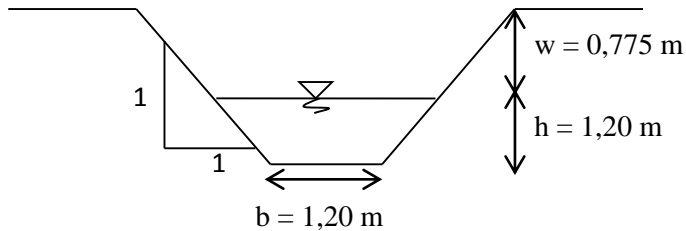
Ambil untuk dimensi dari saluran tepi bentuk trapesium,

$$h = 1,2 \text{ m}$$

$$b = 1,2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} w &= \sqrt{0,5 \cdot h} \\ &= 0,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka, dapat diilustrasikan sebagai berikut penampang melintang saluran tepi.



6. Kemiringan saluran yang diijinkan.

$$V_{\text{rencana}} = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2}$$

Saluran dibuat dari tanah lurus teratur dalam kondisi baik, dari tabel Manning didapat harga  $n = 0,020$ . Dan kecepatan air ijin =  $1,10 \text{ m/det}$ .

$$R = \frac{Fd}{P}$$

$$Fd = 0,50 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} P &= b + 2h\sqrt{m^2 + 1} \\ &= 1,2 + 2 \cdot 1,2\sqrt{1^2 + 1} \\ &= 4,59 \text{ m} \end{aligned}$$

$$R = \frac{0,5}{4,59} = 0,108 \text{ m} \sim 0,11 \text{ m}$$

$$i = \left( \frac{V \cdot m}{R^{2/3}} \right)^2$$

$$= \left( \frac{1,8 \cdot 0,03}{0,11^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

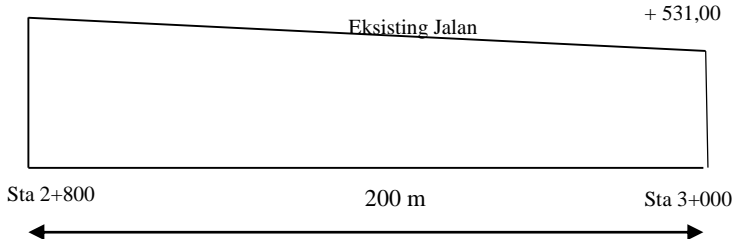
$$= 0,0553$$

Jadi, kemiringan yang diijinkan ----->

$$i_{ijin} = 0,0553 \sim 5,53\%$$

### 7. Periksa kemiringan tanah di lapangan ( $i_{lapangan}$ )

+ 532,90



$$\text{Sta } 0+000 (h_1) : +542,80$$

$$\text{Sta } 0+700 (h_2) : +532,90$$

$$i_{lapangan} = \frac{h_1 - h_2}{L} \times 100\%$$

$$= \frac{532,90 - 531,00}{200} \times 100\%$$

$$= 0,95\%$$

Dengan,  $i_{lapangan} (= 0,95\%) < i_{ijin} (= 5,53\%)$  maka saluran untuk Sta 2+200 – 3+000 tidak digunakan pematah arus.

### 8. Kontrol kecepatan aliran rata-rata



$$\begin{aligned}
 V_{\text{saluran}} &= \frac{Q}{Fd} \\
 &= \frac{0,32}{0,5} \\
 &= 0,64 \text{ m/det}
 \end{aligned}$$

$$V_{\text{saluran}} (= 0,64 \text{ m/det}) < V_{\text{ijin}} (= 1,8 \text{ m/det}) \dots\dots\dots \text{OK!}$$

9. Kontrol dimensi saluran bentuk trapesium

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{2} (b_1 + b_2) \times h \\
 &= \frac{1}{2} (0,5 + 0,5) \times 1,0 \\
 &= 0,5 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{saluran}} &= A \times V \\
 &= 0,5 \times 1,8 \\
 &= 0,9 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

$$Q_{\text{saluran}} (= 0,9 \text{ m}^3/\text{det}) > Q_{\text{total}} (= 0,5 \text{ m}^3/\text{det}) \dots\dots\dots \text{OK!}$$

**Tabel 5.35 Rekapitulasi Perhitungan Waktu Konsentrasi Saluran**

STA	Lahan Kondisi Permukaan	Panjang Saluran (m)	Kondisi Lapis Permukaan (nd)	Kelandaian Daerah Pengaliran Melintang (s)	$i_{lap}$ %	Panjang Daerah Pengaliran Melintang (m)	Inlet time	$V_{ijin}$	Flow time	Waktu Konsentrasi (Tc)
0+000-0+200	Perkerasan Bahu jalan Pemukiman	200	0,013 0,013 0,02	0,02 0,04 0,006	1,33	6 1,5	1,032 0,773 <b>1,805</b>	1,8	1,852	2,268
0+200-0+400	Perkerasan Bahu jalan Pemukiman	200	0,013 0,013 0,02	0,02 0,04 0,006	5,5	6 1,5 50	1,032 0,773 1,556 <b>3,36</b>	1,8	1,852	5,212
0+400-0+600	Perkerasan Bahu jalan Pemukiman	200	0,013 0,013 0,02	0,02 0,04 0,006	0,25	6 1,5 50	1,032 0,773 1,556 <b>3,36</b>	1,8	1,852	5,212
0+600-0+800	Perkerasan Bahu jalan Pemukiman	200	0,013 0,013 0,02	0,02 0,04 0,006	3,26	6 1,5 50	1,032 0,773 1,556 <b>3,36</b>	1,8	1,852	5,212

0+800- 1+000	Perkerasan Bahu jalan Pemukiman	200	0,013 0,013 0,02	0,02 0,04 0,006	4,4	6 1,5 50	1,032 0,773 <b>1,805</b>	1,8	1,852	5,212
1+000- 1+200	Perkerasan Bahu jalan Pemukiman	200	0,013 0,013 0,02	0,02 0,04 0,006	6,5	6 1,5 50	1,032 0,773 1,556 <b>3,36</b>	1,8	1,852	5,212
1+200- 1+400	Perkerasan Bahu jalan Pemukiman	200	0,013 0,013 0,02	0,02 0,04 0,006	4,48	6 1,5 50	1,032 0,773 1,556 <b>3,36</b>	1,8	1,852	5,212
1+400- 1+600	Perkerasan Bahu jalan Pemukiman	200	0,013 0,013 0,02	0,02 0,04 0,006	1,93	6 1,5 50	1,032 0,773 1,556 <b>3,36</b>	1,8	1,852	5,212
1+600- 1+800	Perkerasan Bahu jalan Pemukiman	200	0,013 0,013 0,02	0,02 0,04 0,006	2,1	6 1,5 50	1,032 0,773 <b>1,805</b>	1,8	1,852	5,212
1+800- 2+000	Perkerasan Bahu jalan Pemukiman	200	0,013 0,013 0,02	0,02 0,04 0,006	1,45	6 1,5 50	1,032 0,773 1,556 <b>3,36</b>	1,8	1,852	5,212

2+000- 2+200	Perkerasan Bahu jalan Pemukiman	200	0,013 0,013 0,02	0,02 0,04 0,006	0,25	6 1,5 50	1,032 0,773 1,556 <b>3,36</b>	1,8	1,852	5,212
2+200- 2+400	Perkerasan Bahu jalan Pemukiman	200	0,013 0,013 0,02	0,02 0,04 0,006	3,2	6 1,5 50	1,032 0,773 1,556 <b>3,36</b>	1,8	1,852	5,212
2+400- 2+600	Perkerasan Bahu jalan Pemukiman	200	0,013 0,013 0,02	0,02 0,04 0,006	3,8	6 1,5 50	1,032 0,773 <b>1,805</b>	1,8	1,852	5,212
2+600- 2+800	Perkerasan Bahu jalan Pemukiman	200	0,013 0,013 0,02	0,02 0,04 0,006	4,95	6 1,5 50	1,032 0,773 1,556 <b>3,36</b>	1,8	1,852	5,212
2+800- 3+000	Perkerasan Bahu jalan Pemukiman	200	0,013 0,013 0,02	0,02 0,04 0,006	4,95	6 1,5 50	1,032 0,773 1,556 <b>3,36</b>	1,8	1,852	5,212

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*

**Tabel 5.36 Rekapitulasi Perhitungan Debit Saluran Tepi**

STA	Intensitas Curah Hujan	Panjang Saluran (m)	Panjang Daerah Pengaliran Melintang (m)	Koefisien Pengaliran (C)	Luas Daerah Pengaliran (m <sup>2</sup> )	A <sub>tot</sub> (km <sup>2</sup> )	C <sub>gab</sub>	Koefisien Manning (n)	Debit (m <sup>3</sup> /det)
0+000-0+200	190	200	6 1,5 50 1727,97	0,95 0,95 0,8 . 0,4	1200 300 10000 1727,97	3227,7	0,613	0,003	1,045
0+200-0+400	190	200	6 1,5 50 783,328	0,95 0,95 0,40 0,8 . 0,4	1200 300 10000 783,328	12283,3	0,462	0,003	0,3
0+400-0+600	190	200	6 1,5 50 1158,790	0,95 0,95 0,40 0,8 . 0,4	1200 300 10000 1158,790	12658,8	0,457	0,003	0,304
0+600-0+800	190	200	6 1,5 50	0,95 0,95 0,40	1200 300 10000	12171,2	0,464	0,003	0,299

			671,323	0,8 . 0,4	671,323				
0+800- 1+000	190	200	6 1,5 50 1626,178	0,95 0,95 0,40 0,8 . 0,4	1200 300 10000 1626,178	13126,2	0,453	0,003	0,313
1+000- 1+200	190	200	6 1,5 50 190,828	0,95 0,95 0,40 0,8 . 0,4	1200 300 10000 190,828	11690,8	0,469	0,003	0,289
1+200- 1+400	190	200	6 1,5 50 1528,595	0,95 0,95 0,40 0,8 . 0,4	1200 300 10000 1528,595	13028,6	0,454	0,003	0,312
1+400- 1+600	190	200	6 1,5 50 3137,779	0,95 0,95 0,40 0,8 . 0,4	1200 300 10000 3137,779	14637,8	0,439	0,003	0,338
1+600- 1+800	190	200	6 1,5 50 5305,766	0,95 0,95 0,40 0,8 . 0,4	1200 300 10000 5305,766	16805,8	0,424	0,003	0,376

1+800- 2+000	190	200	6 1,5 50 604,780	0,95 0,95 0,40 0,8 . 0,4	1200 300 10000 604,780	12104,8	0,464	0,003	0,296
2+000- 2+200	190	200	6 1,5 50 1951,369	0,95 0,95 0,40 0,8 . 0,4	1200 300 10000 1951,369	13451,4	0,449	0,003	0,32
2+200- 2+400	190	200	6 1,5 50 1910,004	0,95 0,95 0,40 0,8 . 0,4	1200 300 10000 1910,004	13410,0	0,449	0,003	0,45
2+400- 2+600	190	200	6 1,5 50 2291,042	0,95 0,95 0,40 0,8 . 0,4	1200 300 10000 2291,042	13791,0	0,446	0,003	0,323
2+600- 2+800	190	200	6 1,5 50 2269,307	0,95 0,95 0,40 0,8 . 0,4	1200 300 10000 2269,307	13769,3	0,446	0,003	0,323

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*

**Tabel 5.37 Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Saluran Tepi**

STA	Luas Penampang Basah	Luas Penampang (min)	h (m)	b (m)	Keliling Basah	Tinggi Jagaan	$R = Fd/P$
0+000- 0+200	0,581	0,581	0,6	0,6	3,45	0,671	0,14
0+200- 0+400	0,1667	0,5	1,2	1,0	4,39	0,775	0,11
0+400- 0+600	0,1689	0,5	0,8	0,6	2,86	0,632	0,26
0+600- 0+800	0,166	0,5	0,8	0,8	3,06	0,632	0,16
0+800- 1+000	0,174	0,5	1,0	0,9	3,45	0,775	0,11
1+000- 1+200	0,161	0,5	1,5	1,0	4,39	0,632	0,26
1+200- 1+400	0,173	0,5	1,2	0,8	2,86	0,632	0,16
1+400- 1+600	0,187	0,5	0,6	0,5	3,06	0,775	0,11
1+600- 1+800	0,208	0,5	0,5	0,5	3,45	0,632	0,26



1+800- 2+000	0,165	0,5	0,5	0,5	4,39	0,632	0,16
2+000- 2+200	0,177	0,5	0,5	0,5	2,86	0,775	0,11
2+200- 2+400	0,25	0,5	0,8	0,8	3,06	0,632	0,26
2+400- 2+600	0,179	0,5	0,9	0,9	3,45	0,632	0,16
2+600- 2+800	0,323	0,5	1,2	1,2	4,39	0,775	0,11

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*

### 5.4.3 Perhitungan Gorong-Gorong

#### 5.4.3.1 Box Culvert di Sta 0+177

Gorong-gorong dengan kondisi rusak dan parapet rusak sebelah.

- Dimensi : 1 m x 2 m
- Panjang : 9 m
- Tinggi : 2 m

$$\begin{aligned} \text{a. Luas penampang basah (A)} &= b \times h \\ &= 1 \times 2 \\ &= 2 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Keliling basah (P)} &= b + 2h \\ &= 1 + 2(2) \\ &= 5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Jari-jari hidrolis (R)} &= \frac{A}{P} \\ &= \frac{2}{5} \\ &= 0,4 \text{ m} \end{aligned}$$

- d. Kemiringan gorong-gorong untuk saluran tepi  
 Dalam hal ini, kemiringan gorong-gorong yang diijinkan adalah 0,5 – 2%. Kemiringan gorong-gorong sendiri didesain dengan menggunakan kemiringan 0,8% dan dibuat dari beton dengan harga untuk Manning,  $n = 0,016$ .

- e. Volume aliran dari gorong-gorong

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q_{total}}{A} \\ \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} &= \frac{Q_{total}}{A} \end{aligned}$$

$$\frac{1}{0,016} \times 0,4^{\frac{2}{3}} \times 0,08^{\frac{1}{2}} = \frac{Q_{total}}{0,2}$$

$$Q_{total} = 1,92 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Dengan, Q yang melintasi gorong-gorong yang terhitung dari kiri saluran sebesar = 1,92 m<sup>3</sup>/detik maka gorong-gorong ini sesuai dengan perencanaan.

#### 5.4.3.2 Pipe Culvert di Sta 1+537

Gorong-gorong berbentuk silinder dengan ukuran: Ø0,60; L = 12,30 m.

Syarat:

$$d = 0,080D$$

$$h = 0,8D = 0,8 \times 0,6 = 0,42 \text{ m}$$

- a. Tentukan sudut!

$$\theta = \cos^{-1} \left( \frac{h - 0,5D}{0,5D} \right)$$

$$= \cos^{-1} \left( \frac{0,42 - 0,5 \cdot 0,6}{0,5 \cdot 0,6} \right)$$

$$= 66,42$$

- b. Luas basah dari gorong-gorong

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} \left( 1 - \frac{\theta}{180} \right) + (h - 0,5D)^2 \tan \theta$$

$$= \frac{\pi \times 0,6^2}{4} \left( 1 - \frac{66,42}{180} \right) + (0,42 - 0,5 \cdot 0,6)^2 \tan 66,42$$

$$= 0,453 \text{ m}^2$$

- c. Keliling basah dari gorong-gorong

$$\begin{aligned}
 P &= \pi D \left( 1 - \frac{\theta}{180} \right) \\
 &= \pi \times 0,6 \left( 1 - \frac{66,42}{180} \right) \\
 &= 1,189 \text{ m}
 \end{aligned}$$

d. Jari-jari hidrolis gorong-gorong

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,453}{1,189} = 0,38$$

e. Kemiringan gorong-gorong untuk saluran pembuangan air

Dalam hal ini, kemiringan gorong-gorong yang diijinkan adalah 0,5 – 2%. Kemiringan gorong-gorong sendiri didesain dengan menggunakan kemiringan 0,5% dan dibuat dari beton dengan harga untuk Manning,  $n = 0,016$ .

f. Volume aliran dari gorong-gorong

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{Q_{total}}{A} \\
 \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} &= \frac{Q_{total}}{A} \\
 \frac{1}{0,016} \times 0,38^{\frac{2}{3}} \times 0,05^{\frac{1}{2}} &= \frac{Q_{total}}{0,453} \\
 Q_{total} &= 3,92 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Dengan, Q yang melintasi gorong-gorong sebesar = 3,92 m<sup>3</sup>/detik maka gorong-gorong ini sesuai dengan perencanaan.

### 5.4.3.3 Pipe Culvert di Sta 1+612

Gorong-gorong berbentuk silinder dengan ukuran:  
 $\emptyset 0,60$ ;  $L = 12,30$  m.

Syarat:

$$d = 0,080D$$

$$h = 0,8D = 0,8 \times 0,6 = 0,42 \text{ m}$$

a. Tentukan sudut!

$$\begin{aligned}\theta &= \cos^{-1} \left( \frac{h - 0,5D}{0,5D} \right) \\ &= \cos^{-1} \left( \frac{0,42 - 0,5 \cdot 0,6}{0,5 \cdot 0,6} \right) \\ &= 66,42\end{aligned}$$

b. Luas basah dari gorong-gorong

$$\begin{aligned}A &= \frac{\pi \times D^2}{4} \left( 1 - \frac{\theta}{180} \right) + (h - 0,5D)^2 \tan \theta \\ &= \frac{\pi \times 0,6^2}{4} \left( 1 - \frac{66,42}{180} \right) + (0,42 - 0,5 \cdot 0,6)^2 \tan 66,42 \\ &= 0,453 \text{ m}^2\end{aligned}$$

c. Keliling basah dari gorong-gorong

$$\begin{aligned}P &= \pi D \left( 1 - \frac{\theta}{180} \right) \\ &= \pi \times 0,6 \left( 1 - \frac{66,42}{180} \right) \\ &= 1,189 \text{ m}\end{aligned}$$

d. Jari-jari hidrolis gorong-gorong

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,453}{1,189} = 0,38$$

- e. Kemiringan gorong-gorong untuk saluran pembuangan air

Dalam hal ini, kemiringan gorong-gorong yang diijinkan adalah 0,5 – 2%. Kemiringan gorong-gorong sendiri didesain dengan menggunakan kemiringan 0,5% dan dibuat dari beton dengan harga untuk Manning,  $n = 0,016$ .

- f. Volume aliran dari gorong-gorong

$$V = \frac{Q_{total}}{A}$$

$$\frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} = \frac{Q_{total}}{A}$$

$$\frac{1}{0,016} \times 0,38^{\frac{2}{3}} \times 0,05^{\frac{1}{2}} = \frac{Q_{total}}{0,453}$$

$$Q_{total} = 3,92 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Dengan,  $Q$  yang melintasi gorong-gorong sebesar  $= 3,92 \text{ m}^3/\text{detik}$  maka gorong-gorong ini sesuai dengan perencanaan.

#### 5.4.3.4 Box Culvert di Sta 1+693

Gorong-gorong dengan kondisi rusak dan parapet rusak sebelah.

- Dimensi : 1 m x 0,80 m
- Panjang : 9 m
- Tinggi : 0,80 m

a. Luas penampang basah ( $A$ ) =  $b \times h$

$$= 1 \times 0,80$$

$$= 0,8 \text{ m}^2$$

- b. Keliling basah (P)  $= b + 2h$   
 $= 1 + 2(0,8)$   
 $= 2,6 \text{ m}$
- c. Jari-jari hidrolis (R)  $= \frac{A}{P}$   
 $= \frac{0,80}{2,6}$   
 $= 0,31 \text{ m}$
- d. Kemiringan gorong-gorong untuk saluran tepi  
 Dalam hal ini, kemiringan gorong-gorong yang diijinkan adalah 0,5 – 2%. Kemiringan gorong-gorong sendiri didesain dengan menggunakan kemiringan 0,5% dan dibuat dari beton dengan harga untuk Manning,  $n = 0,016$ .
- e. Volume aliran dari gorong-gorong

$$V = \frac{Q_{total}}{A}$$

$$\frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} = \frac{Q_{total}}{A}$$

$$\frac{1}{0,016} \times 0,31^{\frac{2}{3}} \times 0,05^{\frac{1}{2}} = \frac{Q_{total}}{0,80}$$

$$Q_{total} = 5,12 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Dengan, Q yang melintasi gorong-gorong yang terhitung dari kiri saluran sebesar  $= 5,12 \text{ m}^3/\text{detik}$  maka gorong-gorong ini sesuai dengan perencanaan.

#### 5.4.3.5 Pipe Culvert di Sta 1+822

Gorong-gorong berbentuk silinder dengan ukuran:  
 $\varnothing 0,60$ ;  $L = 12,30 \text{ m}$ .

Syarat:

$$d = 0,080D$$

$$h = 0,8D = 0,8 \times 0,6 = 0,42 \text{ m}$$

a. Tentukan sudut!

$$\begin{aligned}\theta &= \cos^{-1}\left(\frac{h-0,5D}{0,5D}\right) \\ &= \cos^{-1}\left(\frac{0,42-0,5 \cdot 0,6}{0,5 \cdot 0,6}\right) \\ &= 66,42\end{aligned}$$

b. Luas basah dari gorong-gorong

$$\begin{aligned}A &= \frac{\pi \times D^2}{4} \left(1 - \frac{\theta}{180}\right) + (h - 0,5D)^2 \tan \theta \\ &= \frac{\pi \times 0,6^2}{4} \left(1 - \frac{66,42}{180}\right) + (0,42 - 0,5 \cdot 0,6)^2 \tan 66,42 \\ &= 0,453 \text{ m}^2\end{aligned}$$

c. Keliling basah dari gorong-gorong

$$\begin{aligned}P &= \pi D \left(1 - \frac{\theta}{180}\right) \\ &= \pi \times 0,6 \left(1 - \frac{66,42}{180}\right) \\ &= 1,189 \text{ m}\end{aligned}$$

d. Jari-jari hidrolis gorong-gorong

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,453}{1,189} = 0,38$$

e. Kemiringan gorong-gorong untuk saluran pembuangan air



Dalam hal ini, kemiringan gorong-gorong yang diijinkan adalah 0,5 – 2%. Kemiringan gorong-gorong sendiri didesain dengan menggunakan kemiringan 0,8% dan dibuat dari beton dengan harga untuk Manning,  $n = 0,016$ .

f. Volume aliran dari gorong-gorong

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{Q_{total}}{A} \\
 \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} &= \frac{Q_{total}}{A} \\
 \frac{1}{0,016} \times 0,38^{\frac{2}{3}} \times 0,05^{\frac{1}{2}} &= \frac{Q_{total}}{0,453} \\
 Q_{total} &= 3,92 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Dengan, Q yang melintasi gorong-gorong sebesar = 3,92 m<sup>3</sup>/detik maka gorong-gorong ini sesuai dengan perencanaan.

#### 5.4.3.6 Box Culvert di Sta 2+150

Gorong-gorong dengan kondisi rusak dan parapet rusak sebelah.

- Dimensi : 0,60 m x 0,80 m
- Panjang : 8,50 m
- Tinggi : 0,80 m

$$\begin{aligned}
 \text{a. Luas penampang basah (A)} &= b \times h \\
 &= 0,60 \times 0,80 \\
 &= 0,48 \text{ m}^2 \\
 \text{b. Keliling basah (P)} &= b + 2h \\
 &= 1 + 2(0,8) \\
 &= 2,60 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- c. Jari-jari hidrolis (R) 
$$= \frac{A}{P}$$
$$= \frac{0,48}{2,60}$$
$$= 0,18 \text{ m}$$
- d. Kemiringan gorong-gorong untuk saluran tepi  
 Dalam hal ini, kemiringan gorong-gorong yang diijinkan adalah 0,5 – 2%. Kemiringan gorong-gorong sendiri didesain dengan menggunakan kemiringan 0,5% dan dibuat dari beton dengan harga untuk Manning,  $n = 0,016$ .
- e. Volume aliran dari gorong-gorong

$$V = \frac{Q_{total}}{A}$$

$$\frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} = \frac{Q_{total}}{A}$$

$$\frac{1}{0,016} \times 0,18^{\frac{2}{3}} \times 0,05^{\frac{1}{2}} = \frac{Q_{total}}{0,48}$$

$$Q_{total} = 2,13 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Dengan, Q yang melintasi gorong-gorong yang terhitung dari kiri saluran sebesar = 2,13 m<sup>3</sup>/detik maka gorong-gorong ini sesuai dengan perencanaan.

#### 5.4.3.7 Box Culvert di Sta 2+838

Gorong-gorong dengan kondisi rusak dan parapet rusak sebelah.

- Dimensi : 2,0 m x 1,0 m
- Panjang : 9 m

- Tinggi : 1,0 m

$$\begin{aligned} \text{a. Luas penampang basah (A)} &= b \times h \\ &= 2,0 \times 1,0 \\ &= 2,0 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Keliling basah (P)} &= b + 2h \\ &= 2 + 2(1) \\ &= 4,0 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Jari-jari hidrolis (R)} &= \frac{A}{P} \\ &= \frac{2,0}{4,0} \\ &= 0,5 \text{ m} \end{aligned}$$

d. Kemiringan gorong-gorong untuk saluran tepi  
Dalam hal ini, kemiringan gorong-gorong yang diijinkan adalah 0,5 – 2%. Kemiringan gorong-gorong sendiri didesain dengan menggunakan kemiringan 0,5% dan dibuat dari beton dengan harga untuk Manning,  $n = 0,016$ .

e. Volume aliran dari gorong-gorong

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q_{total}}{A} \\ \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2} &= \frac{Q_{total}}{A} \\ \frac{1}{0,016} \times 0,5^{2/3} \times 0,05^{1/2} &= \frac{Q_{total}}{2,0} \\ Q_{total} &= 6,92 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Dengan,  $Q$  yang melintasi gorong-gorong yang terhitung dari kiri saluran sebesar  $= 6,92 \text{ m}^3/\text{detik}$  maka gorong-gorong ini sesuai dengan perencanaan.

Rekapitulasi perhitungan perencanaan gorong-gorong.

**Tabel 5.41 Rekapitulasi Debit pada Gorong-Gorong**

No.	KM. SBY	Sta	Dimensi (m)	Panjang (m)	Tinggi (m)	$Q_{total} =$ $Q_{tampung}$ (m <sup>3</sup> /det)
1.	23,117	0+117	1,00 x 2,00	9,00	2,00	1,92
2.	24,571	1+537	Ø 0,60	9,80		3,92
3.	24,639	1+612	Ø 0,60	15,50		3,92
4.	24,720	1+693	1,00 x 0,80	9,00	0,80	5,12
5.	24,860	1+522	Ø 0,60	8,80		3,92
6.	25,176	2+150	0,60 x 0,80	8,50	0,80	2,13
7.	25,889	2+838	2,00 x 1,00	10,30	1,00	6,92

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*

## **BAB VI**

### **RENCANA ANGGARAN BIAYA**

#### **6.1 Volume Pekerjaan**

1. Pekerjaan tanah
  - a. Galian tanah  
Satuan pekerjaan ( $\text{m}^3$ )  
Volume: 160000  $\text{m}^3$
  - b. Timbunan tanah  
Satuan pengerjaan ( $\text{m}^3$ )  
Volume: 4300,63  $\text{m}^3$
2. Pekerjaan perkerasan berbutir  
Lapis pondasi dengan agregat kelas B (Bahu Jalan)  
Satuan pekerjaan ( $\text{m}^3$ )
  - Lebar bahu jalan : 1,5 m x 2 = 3m
  - Tebal lapisan pondasi: 0,2 x 2 = 0,4m
  - Panjang bahu jalan : 3km = 3000m
  - Volume: 4m x 0,2m x 3000m = 3600  $\text{m}^3$  
Lapis pondasi dengan agregat kelas A (pelebaran jalan)  
Satuan pekerjaan ( $\text{m}^3$ )
  - Lebar pelebaran badan jalan: 3,5 m x 2 = 7 m
  - Tebal lapisan pondasi : 0,2 x 2 = 0,2 m
  - Panjang bahu jalan : 3km = 3000 m
  - Volume: 7 m x 0,4 m x 3000 m = 8400  $\text{m}^3$  
Lapis pekerjaan line concrete  
Satuan pekerjaan ( $\text{m}^3$ )

- Lebar jalan :  $6\text{ m} \times 2 = 12\text{ m}$
  - Tebal perkerasan :  $0,20\text{ m} \times 1 = 0,2\text{ m}$
  - Panjang perkerasan :  $3000\text{ m} = 3000\text{ m}$
- Volume:  $12\text{ m} \times 0,20\text{ m} \times 3000\text{ m} = 7200\text{ m}^3$

### 3. Pengerjaan beton

#### a. Beton K-400

Satuan pekerjaan ( $\text{m}^3$ )

- Lebar jalan :  $6\text{ m} \times 2 = 12\text{ m}$
  - Tebal perkerasan :  $20\text{ cm} = 0,20\text{ m}$
  - Panjang jalan :  $3\text{ km} = 3000\text{ m}$
- Volume  $12\text{ m} \times 0,2\text{ m} \times 3000\text{ m} = 7200\text{ m}^3$

#### b. Penulangan

Satuan pekerjaan (Kg)

- Dowel (polos) :  $7,99\text{ Kg} \times 11\text{ bh} = 87,89\text{ kg}$   
Total :  $87,89\text{ kg} \times 266,67 \times 2 = 46875,25\text{ kg}$
- Tulangan memanjang :  $0,888\text{ kg} \times 11\text{ bh} = 9,768\text{ kg}$   
Total :  $9,768\text{ kg} \times 266,67 \times 2 = 5209,665\text{ kg}$
- Tie bars :  $1,04\text{ kg} \times 15 = 15,6\text{ kg}$   
Total :  $15,6\text{ kg} \times 266,67 \times 2 = 8320\text{ kg}$

#### c. Pekerjaan drainase

- Galian tanah untuk drainase

Satuan pekerjaan ( $\text{m}^3$ )

Volume:  $1500\text{ m}^3$

#### d. Pasangan batu kali

Satuan pekerjaan ( $\text{m}^3$ )

- Panjang saluran :  $3\text{ km} = 3000\text{ m}$
- Jumlah saluran :  $2\text{ buah}$

$$\begin{aligned}
 - \text{ Luas saluran} & : 0,5\text{m}^2 \\
 \text{Volume} & : 0,5\text{m}^2 \times 3000\text{m} \times 2 \text{ buah} = 3000\text{m}^3
 \end{aligned}$$

e. Pekerjaan minor

Marka jalan

Satuan pekerjaan (m<sup>2</sup>)

$$\text{Marka tengah} : \text{asumsi } 1 \text{ km} = 16,2\text{m}^2$$

$$\text{Total} : 3,5 \times 16,2\text{m}^2 = 56,7\text{m}^2$$

$$\text{Marka tepi} : 0,12\text{m} \times 2 = 0,24\text{m}$$

$$\text{Total} : 3000\text{m} \times 0,24 = 720\text{m}^2$$

$$\text{Volume} : 56,7\text{m}^2 + 720\text{m}^2 = 776,7\text{m}^2$$

## 5.2 Harga Satuan Dasar

Tabel 6.1 Daftar Harga Satuan Kota  
Probolinggo/Malang Tahun 2014

No .	DESKRIPSI BAHAN	SATUAN	HARGA SATUAN	
			(Rp.)	
			PROBOLINGGO / malang  MALANG	
I. UP AH KERJA				
1	Pekerja	jam	Rp	7.786
2	Tukang	jam	Rp	10.036
3	Mandor	jam	Rp	12.469
4	Operator	jam	Rp	14.769
5	Pembantu Operator	jam	Rp	11.401
6	Sopir / Driver	jam	Rp	13.554
7	Pembantu Sopir / Driver	jam	Rp	11.254
8	Mekanik	jam	Rp	14.851
9	Pembantu Mekanik	jam	Rp	12.551
10	Kepala Tukang	jam	Rp	12
11	Pemasak Aspal	jam	Rp	10
II. H ARG A BAHAN				
1	Pasir Beton (Kasar)	m3	Rp	132.500
2	Pasir Halus (untuk HRS)	m3	Rp	130.000
3	Pasir Pasang (Sedang)	m3	Rp	127.500
4	Pasir Urug	m3	Rp	127.500
5	Pasir Urug (ada unsur lempung)	m3	Rp	93.750



6	Sirtu	m3	Rp	100.000
7	Bahan Tanah Timbunan	m3	Rp	92.500
8	Bahan Pilihan	m3	Rp	95.000
9	Batu Belah / Kerakal	m3	Rp	118.750
10	Batu Kali	m3	Rp	162.500
11	Gravel	m3	Rp	157.500
12	Kapur	m3	Rp	507.500
13	Filler Cement	Kg	Rp	1.400
14	Aspal Minyak (Drum)	kg	Rp	9.561
15	Aspal Minyak (Curah)	kg	Rp	9.406
16	Asbuton Curah	Ton	Rp	360.000
17	Aspal Emulsi (CRS-I / R-65)	kg	Rp	9.706
18	Aspal Modifikasi (BNA)	kg	Rp	10.221
19	Aspal Modifikasi (JAP-57)	kg	Rp	11.006
20	Aspal Modifikasi (Retona)	kg	Rp	10.006
21	Aspal Modifikasi (Starbit)	kg	Rp	13.596
22	Aspal Modifikasi (STR-55)	kg	Rp	10.285
23	Bensin	ltr	Rp	9.600
24	Solar (Industri)	ltr	Rp	10.800
25	Kerosen / Minyak Tanah	ltr	Rp	12.100
26	Bunker Oil	ltr	Rp	3.500
27	Minyak Fluks	ltr	Rp	6.800
28	Minyak Pelumas / Olie	ltr	Rp	34.400
29	Thinner	ltr	Rp	21.500
30	Semen / PC (50kg)	zak	Rp	68.600
31	Semen / PC (40 kg)	kg	Rp	1.400

32	Chipping	m3	Rp	161.250
33	Chipping (kg)	kg	Rp	200.000
34	Besi Beton	kg	Rp	9.000
35	Baja Bergelombang	kg	Rp	13.200
36	Baja Prategang	kg	Rp	17.900
37	Baja Struktur (H Beam 400 x 400 x 13 x21 mm - 12 M )	kg	Rp	26.200
38	Baja Tulangan (Polos) U25	kg	Rp	9.716
39	Baja Tulangan (Polos) U32	kg	Rp	9.668
40	Baja Tulangan (Polos) U36	kg	Rp	9.714
41	Baja Tulangan (Ulir) D16	kg	Rp	9.696
42	Baja Tulangan (Ulir) D19	kg	Rp	9.698
43	Baja Tulangan (Ulir) D32	kg	Rp	9.668
44	Baja Tulangan (Ulir) D36	kg	Rp	9.714
45	Kawat Beton/ Bindrat	kg	Rp	15.400
46	Kawat Bronjong (Gabion Matress)	kg	Rp	16.700
47	Paku	kg	Rp	15.400
48	Pipa Baja D10"	kg	Rp	15.200
49	Pipa Galvanis Dia 1,5" L=6,00 m - SCH 40	m'	Rp	75.625
50	Pipa Galvanis Dia 2" L=6,00 m - SCH 40	m'	Rp	78.750
51	Pipa Galvanis Dia 3" L=6,00 m - SCH 40	m'	Rp	172.500
52	Pipa Porus	m'	Rp	40.625
53	Pipa Drainase Baja Dia 3 "	batang	Rp	226.000
54	Pipa PVC Dia 4"	batang	Rp	131.000
55	Agregat Pecah Mesin 0-5 mm	m3	Rp	138.750

56	Agregat Pecah Mesin 20-30 mm	m3	Rp	143.750
57	Agregat Pecah Mesin 5-10 & 10-20 mm	m3	Rp	137.500
58	Bahan Agr.Base Kelas A	m3	Rp	128.750
59	Bahan Agr.Base Kelas B	m3	Rp	125.000
60	Bahan Agr.Base Kelas C	m3	Rp	122.500
61	Bahan Agr.Base Kelas C2	m3	Rp	121.250
62	Bahan Agr.Base Kelas S (Super)	m3	Rp	121.250
63	Additive (Additive Cement *CMB*)	liter	Rp	138.750
64	Anchorage	pcs	Rp	143.750
65	Anti Pengelupasan	liter	Rp	137.500
66	Arbocell	kg	Rp	128.750
67	Assetilline	botol	Rp	125.000
68	Bahan pengawet: kreosot	liter	Rp	122.500
69	Batu Bara	kg	Rp	121.250
70	- Beton K-125	m3	Rp	795.000
71	- Beton K-175	m3	Rp	835.000
72	- Beton K-250	m3	Rp	885.000
73	- Beton K-300	m3	Rp	985.000
74	- Beton K-350	m3	Rp	1.015.000
75	- Beton K-400	m3	Rp	1.055.000
76	- Beton K-500	m3		1,115,000
77	Casing	m2	Rp	10.700
78	Cat	kg	Rp	45.400
79	Cat Anti Karat	kg	Rp	47.400
80	Cat Marka (Non Thermoplas)	kg	Rp	60.400
81	Cat Marka (Thermoplastic)	kg	Rp	45.400

82	Cerucuk diameter 10 - 15 cm	m'	Rp	24.900
83	Curing Compound	liter	Rp	42.400
84	Ducting (Kabel Prestress)	m'	Rp	155.400
85	Ducting (Strand Prestress)	m'	Rp	135.400
86	- Elastomer jenis 1 (35x30x3,6 Cm)	Pcs	Rp	401.100
87	- Elastomer jenis 2 (40x35x3,9 Cm)	Pcs	Rp	451.100
88	- Elastomer jenis 3 (45x40x4,5 Cm)	Pcs	Rp	601.100
89	Expansion Cap	m'	Rp	7.900
90	Expansion Join Baja Siku	m'	Rp	1.690.000
91	Expansion Join Tipe Rubber	m'	Rp	1.231.100
92	Expansion Join Tipe Torma	m'	Rp	1.411.100
93	Expansion Tipe Join Asphaltic Plug	m'	Rp	1.731.100
94	Gebalan Rumput	m2	Rp	12.200
95	Geotextile Woven (4mx150mx0,7 mm) 53/52 kN/m	m2	Rp	22.200
96	Geotextile Non Woven (4m x 50m 0,4mm) 26 kN/m	m2	Rp	33.700
97	Glass Bead	kg	Rp	35.700
98	Jonit Sealent	kg	Rp	36.300
99	Joint Socket Pile 16x16x16	set	Rp	68.300
100	Joint Socket Pile 35x35	set	Rp	615.000
101	Kawat Las	doz	Rp	125.200
102	Kayu Acuan (40/60, 50/70, 30/300)	m3	Rp	1.544.300
103	Kayu Perancah	m3	Rp	2.143.300
104	Kerb Pracetak Type 1 (peninggi)	Pcs	Rp	70.100

10 5	Kerb Pracetak Type 2 (penghalang / Barrier)	Pcs	Rp	54.400
10 6	Marmer Nama Jembatan	Pcs	Rp	385.200
10 7	Mata Kucing	Pcs	Rp	125.200
10 8	Matras Concrete (Tebal = 10 cm)	m2	Rp	110.000
10 9	Mini Pile 16x16x16	m'	Rp	110.200
11 0	Mini Timber Pile (Jati diameter 15 cm ~ 20 cm, L=2,00m)	m'	Rp	28.000
11 1	- Multipleks 12 mm - 1220 mm x 2440 mm	lembar	Rp	125.200
11 2	Oxygen ( Isi 6 M3)	botol	Rp	167.200
11 3	Paving Block (Model Bata 8 Cm)	m2	Rp	73.700
11 4	- PCI Girder L=16m, H=0,90 m (K500)	Pcs	Rp	53.600.000
11 5	- PCI Girder L=20 m, H=1,25 m (K500)	Pcs	Rp	75.100.000
11 6	- PCI Girder L=25 m, H=1,60 m (K500)	Pcs	Rp	124.700.000
11 7	- PCI Girder L=30m, H=1,70 m (K500)	Pcs	Rp	190.000.000
11 8	- PCI Girder L=35m, H=2,10 m (K500)	Pcs	Rp	241.500.000
11 9	- PCI Girder L=40m, H=2,10 m (K700)	Pcs	Rp	283.000.000
12 0	Pelat Rambu (Eng.Grade)	Pcs	Rp	250.200
12 1	Pelat Rambu (High I. Grade)	Pcs	Rp	285.200
12 2	Pemantul Cahaya (Reflector)	Pcs	Rp	39.700
12 3	Plastik Filter	m2	Rp	16.400
12 4	Polytene 125 mikron	kg	Rp	21.800
12 5	Rel Pengaman	m'	Rp	476.600
12 6	Strip Bearing	Pcs	Rp	255.200

12 7	Tiang Pancang Baja Diameter 400	m'	Rp	810.000
12 8	Tiang Pancang Beton Ø 400 (K600 Kelas A2)	m'	Rp	725.000
12 9	Box Culvert (gorong-gorong persegi) precast 150 cm x 150 cm x 120 cm	Pcs	Rp	12.200.000
13 0	Box Culvert type DUB 200 cm x 200 cm x 120 cm	Pcs	Rp	16.850.000
13 1	Saluran U-Ditch tipe DS I (80x80x120)	Pcs	Rp	1.880.000

### III. HARGA ALAT

1	ASPHALT MIXING PLANT	jam	Rp	7.181.837
2	ASPHALT FINISHER	jam	Rp	1.481.461
3	ASPHALT SPRAYER	jam	Rp	107.935
4	BULLDOZER 100-150 HP	jam	Rp	888.938
5	COMPRESSOR 4000-6500 L/M	jam	Rp	179.519
6	CONCRETE MIXER 0.3-0.6 M3	jam	Rp	103.754
7	CRANE 10-15 TON	jam	Rp	389.447
8	DUMP TRUCK 3-4 M3	jam	Rp	298.352
9	DUMP TRUCK	jam	Rp	631.771
10	EXCAVATOR 80-140 HP	jam	Rp	615.925
11	FLAT BED TRUCK 3-4 M3	jam	Rp	502.279
12	GENERATOR SET	jam	Rp	489.154
13	MOTOR GRADER >100 HP	jam	Rp	778.053
14	TRACK LOADER 75-100 HP	jam	Rp	462.259
15	WHEEL LOADER 1.0-1.6 M3	jam	Rp	584.063
16	THREE WHEEL ROLLER 6-8 T	jam	Rp	247.122
17	TANDEM ROLLER 6-8 T.	jam	Rp	554.930

18	TIRE ROLLER 8-10 T.	jam	Rp	548.295
19	VIBRATORY ROLLER 5-8 T.	jam	Rp	554.930
20	CONCRETE VIBRATOR	jam	Rp	39.973
21	STONE CRUSHER	jam	Rp	814.338
22	WATER PUMP 70-100 MM	jam	Rp	43.995
23	WATER TANKER 3000-4500 L.	jam	Rp	262.757
24	PEDESTRIAN ROLLER	jam	Rp	85.761
25	TAMPER	jam	Rp	169.117
26	JACK HAMMER	jam	Rp	45.824
27	FULVI MIXER	jam	Rp	1.293.846
28	CONCRETE PUMP	jam	Rp	295.942
29	TRAILER 20 TON	jam	Rp	548.144
30	PILE DRIVER + HAMMER	jam	Rp	188.231
31	CRANE ON TRACK 35 TON	jam	Rp	433.262
32	WELDING SET	jam	Rp	140.360
33	BORE PILE MACHINE	jam	Rp	410.759
34	ASPHALT LIQUID MIXER	jam	Rp	78.244
35	TRAILLER 15 TON	jam	Rp	511.215
36	ROCK DRILL BREAKER	jam	Rp	56.745
37	COLD MILLING	jam	Rp	1.128.958
38	AGGREGAT (CHIP) SPREADER	jam	Rp	551.774
39	ASPHALT DISTRIBUTION	jam	Rp	395.755
40	SPLIT FORM PAVER	jam	Rp	552.750
41	CONCRETE PAN MIXER	jam	Rp	596.404
42	CONCRETE BREAKER	jam	Rp	652.142
43	ASPHALT TANKER	jam	Rp	532.758

44	CEMENT TANKER	jam	Rp	492.309
45	CONCRETE MIXER (350)	jam	Rp	80.242
46	VIBRATING RAMMER	jam	Rp	47.356
47	TRUK MIXER ( AGITATOR )	jam	Rp	631.273
48	BORE PILE MACHINE DIA 60	jam	Rp	413.018
49	CRANE ON TRACK 75 - 100TON	jam	Rp	1.747.748
50	BLENDING EQUIPMENT	jam	Rp	259.193
51	ASPHALT LIQUID MIXER (KAP 20000)	jam	Rp	151.077

### 5.3 Harga Satuan Pokok Pekerjaan

#### 1. Pekerjaan Tanah

Tabel 6.2 HSPK Pekerjaan Galian Tanah Biasa

	Galian Tanah Biasa (m3)				
	komponen	koefisien	satuan	harga satuan dasar	total harga satuan
<b>A</b>	<b>Tenaga</b>				
1.	pekerja	0,015114	OH	Rp 54.502,00	Rp 823,76
2.	mandor	0,007557	OH	Rp 87.283,00	Rp 659,61
<b>B.</b>	<b>Bahan</b>				
	-				
<b>C.</b>	<b>Peralatan</b>				
1.	Exavator	0,007557	jam	Rp 615.925,00	Rp 4.654,61
2.	Dump Truck	0,308344	jam	Rp 284.439,12	Rp 87.705,15
3.	Alat Bantu	1	Ls		
	Total				Rp 93.843,12
	Overhead Profit 10%				Rp 9.384,31
	Total Harga Satuan Pekerjaan				Rp 103.227,44

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*



Tabel 6.3 HSPK Pekerjaan Timbunan Biasa

Timbunan Tanah Biasa (M3)					
	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan Dasar	Total Harga Satuan
<b>A</b>	<b>Tenaga</b>				
1.	Pekerja	0,040305	OH	Rp 54.502,00	Rp 2.196,68
2.	Mandor	0,010076	OH	Rp 87.283,00	Rp 879,48
<b>B.</b>	<b>Bahan</b>				
	-				
<b>C.</b>	<b>Peralatan</b>				
1.	Exavator	0,010076	Jam	Rp 615.925,00	Rp 6.206,15
2.	Dump Truck	0,297644	Jam	Rp 284.439,12	Rp 84.661,64
3.	Motor Grider	0,003739	Jam	Rp 778.052,00	Rp 2.909,38
4.	Vibrator Roller	0,004183	Jam	Rp 554.930,00	Rp 2.321,49
5.	Water Tank	0,007028	Jam	Rp 262.757,00	Rp 1.846,69
6.	Alat Bantu	1	Ls		
	Total				Rp 93.943,94
	Overhead Profit 10%				Rp 9.394,39
	Total Harga Satuan Pekerjaan				Rp 103.338,34

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*

## 2. Pekerjaan Perkerasan Berbutir

Tabel 6.4 HSPK Pekerjaan Lapisan Pondasi dengan Agregat Kelas B

Pekerjaan Lapis Pondasi Dengan Agregat B					
	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan Dasar	Total Harga Satuan
<b>A</b>	<b>Tenaga</b>				
1.	Pekerja	0,059467	OH	Rp 54.502	Rp 3.241

2.	Mandor	0,008495	OH	Rp 87.283	Rp 741
<b>B.</b>	<b>Bahan</b>				
1.	Agregat B	1,2	M3	Rp 125.000	Rp 150.000
<b>C.</b>	<b>Peralatan</b>				
1.	Wheel Loader	0,008495	Jam	Rp 584.063	Rp 4.962
2.	Dump Truck	0,214764	Jam	Rp 284.439	Rp 61.087
3.	Water Tanker	0,014056	Jam	Rp 267.757	Rp 3.764
4.	Motor Grader	0,004259	Jam	Rp 778.053	Rp 3.314
5.	Vibrator Roller	0,005355	Jam	Rp 554.930	Rp 2.972
6.	Alat Bantu	1	Ls		
	Total				Rp 230.081
	Overhead Profit 10%				Rp 23.008
	Total Harga Satuan Pekerjaan				Rp 253.089

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*

**Tabel 6.5 HSPK Pekerjaan Lapisan Pondasi dengan Agregat Kelas B**

	Agregat A				
	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan Dasar	Total Harga Satuan
<b>A</b>	<b>Tenaga</b>				
1.	Pekerja	0,059467	OH	Rp 54.502	Rp 3.241
2.	Mandor	0,008495	OH	Rp 87.283	Rp 741
<b>B.</b>	<b>Bahan</b>				
1.	Agregat A	1,258609	M3	Rp 128.750	Rp 162.046
<b>C.</b>	<b>Peralatan</b>				
1.	Wheel Loader	0,008495	Jam	Rp 584.063,00	Rp 4.962
2.	Dump Truck	0,123788	Jam	Rp 284.439,12	Rp 35.210
3.	Motor Grader	0,004259	Jam	Rp 778.053,00	Rp 3.314
4.	Tandem Roller	0,01071	Jam	Rp 554.930,05	Rp 5.943

5.	Water Tank Truck	0,014056	Jam	Rp 262.757,00	Rp 3.693
2.	Alat Bantu	1	Ls		Rp -
	Total				Rp 219.151
	Overhead Profit 10%				Rp 21.915
	Total Harga Satuan Pekerjaan				Rp 241.066

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*

**Tabel 6.6 HSPK Pekerjaan Lapisan *Lean Concrete***

	Pengerjaan Lean Concrete				
	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan Dasar	Total Harga Satuan
<b>A</b>	<b>Tenaga</b>				
1.	Pekerja	2,430556	OH	Rp 54.502	Rp 132.470
2.	Mandor	0,162037	OH	Rp 87.283	Rp 14.143
<b>B.</b>	<b>Bahan</b>				
2.	Semen (PC)	1,05	Kg	Rp 1.400	Rp 1.470
<b>C.</b>	<b>Peralatan</b>				
1.	Dump Truck	0,328125	Jam	Rp 284.439	Rp 93.332
2.	Alat Bantu		Ls		
	Total				Rp 241.415
	Overhead Profit 10%				Rp 24.141
	Total Harga Satuan Pekerjaan				Rp 265.556

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*

### 3. Pekerjaan Beton

**Tabel 6.7 HSPK Pekerjaan Beton K-400**

	Pengerjaan Pembuatan Beton K - 400				
	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan Dasar	Total Harga Satuan
<b>A</b>	<b>Tenaga</b>				

1.	Pekerja	1,41	Jam	Rp 54.502	Rp 76.609
2.	Mandor	0,15	OH	Rp 87.283	Rp 13.145
3	Tukang	0,703	OH	Rp 70.252	Rp 49.374
<b>B.</b>	<b>Bahan</b>				
1.	Pasir	0,62	M3	Rp 132.500	
2.	Agregat Kasar	0,79	M3	Rp 118.750	Rp 93.636
3.	Semen	410	Kg	Rp 1.400	Rp 574.000
<b>C.</b>	<b>Peralatan</b>				
1.	Concrete Mixer Truck	0,243716	Jam	Rp 631.273	Rp 153.851
	Alat Bantu	1	Ls		
	Total				Rp 960.616
	Overhead Profit 10%				Rp 96.062
	Total Harga Satuan Pekerjaan				Rp 1.056.677

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*

**Tabel 6.8 HSPK Pekerjaan Pembesian dengan Besi Polos**

	Pengerjaan Pembesian				
	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan Dasar	Total Harga Satuan
<b>A</b>	<b>Tenaga</b>				
1.	Pekerja	0,105	OH	Rp 54.502	Rp 5.723
2.	Mandor	0,035	OH	Rp 87.283	Rp 3.055
3.	Tukang	0,035	OH	Rp 70.252	Rp 2.459
<b>B.</b>	<b>Bahan</b>				
1.	Besi Beton Polos	1,1	Kg	Rp 9.000	Rp 9.900
2.	Kawat	0,01	Kg	Rp 121	Rp 1
<b>C.</b>	<b>Peralatan</b>				
	-				
	Total				Rp 21.138

	Overhead Profit 10%	Rp	2.114
	Total Harga Satuan Pekerjaan	Rp	23.251

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*

**Tabel 6.9 HSPK Pekerjaan Pembesian dengan Besi Ulir**

	Pengerjaan Pembesian				
	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan Dasar	Total Harga Satuan
<b>A</b>	<b>Tenaga</b>				
1.	Pekerja	0,105	OH	Rp 54.502	Rp 5.723
2.	Mandor	0,035	OH	Rp 87.283	Rp 3.055
3.	Tukang	0,035	OH	Rp 70.252	Rp 2.459
<b>B.</b>	<b>Bahan</b>				
1.	Besi Beton Ulir	1,1	Kg	Rp 9.000	Rp 9.900
2.	Kawat	0,01	Kg	Rp 15.400	Rp 154
<b>C.</b>	<b>Peralatan</b>				
	-				
	Total				Rp 21.290
	Overhead Profit 10%				Rp 2.129
	Total Harga Satuan Pekerjaan				Rp 23.419

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*

#### 4. Pekerjaan Drainase

**Tabel 6.10 HSPK Pekerjaan Galian Untuk Drainase**

	Galian Untuk Drainase				
	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan Dasar	Total Harga Satuan
<b>A</b>	<b>Tenaga</b>				
1.	Pekerja	0,039585	OH	Rp 54.502	Rp 2.157
2.	Mandor	0,009896	OH	Rp 87.283	Rp 864

<b>B.</b>	<b>Bahan</b>				
	-				
<b>C.</b>	<b>Peralatan</b>				
1.	Exavator	0,009896	Jam	Rp 615.925,00	Rp 6.095
2.	Dump Truck	0,136463	Jam	Rp 298.252	Rp 40.700
3.	Alat Bantu		Ls		
	Total				Rp 49.817
	Overhead Profit 10%				Rp 4.982
	Total Harga Satuan Pekerjaan				Rp 54.799

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*

**Tabel 6.11 HSPK Pekerjaan Pembasangan Batu Kali**

	Pemasangn Batu Kali				
	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan Dasar	Total Harga Satuan
<b>A</b>	<b>Tenaga</b>				
1.	Pekerja	0,6	OH	Rp 54.502	Rp 32.701
2.	Mandor	0,075	OH	Rp 87.283	Rp 6.546
3.	Tukang	0,225	OH	Rp 70.252	Rp 15.807
<b>B.</b>	<b>Bahan</b>				
1.	Semen Pc	1,17	Kg	Rp 1.400	Rp 1.638
2.	Pasir	0,556338	M3	Rp 93.750	Rp 52.157
3.	Batu Pecah 15 - 20 Cm	1,17	M3	Rp 266.667	Rp 312.000
<b>C.</b>	<b>Peralatan</b>				
1.	Truk Mixer	0,401606	Jam	Rp 631.273	Rp 253.523
2.	Water Tanker	0,001406	Jam	Rp 267.757	Rp 376
3.	Alat Bantu		Ls		
	Total				Rp 674.749
	Overhead Profit 10%				Rp 67.475

Total Harga Satuan Pekerjaan	Rp	742.224
------------------------------	----	---------

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*

## 5. Pekerjaan Minor dan Pengendalian Kondisi

Tabel 6.12 HSPK Pekerjaan Marka Jalan

Pekerjaan Marka (M2)					
	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan Dasar	Total Harga Satuan
<b>A</b>	<b>Tenaga</b>				
1.	Pekerja	0,6	OH	Rp 54.502	Rp 32.701
2.	Tukang	0,225	OH	Rp 70.252	Rp 15.807
3.	Mandor	0,075	OH	Rp 87.283	Rp 6.546
<b>B.</b>	<b>Bahan</b>				
1.	Thermoplastic	1,95	Kg	Rp 45.400	Rp 88.530
2.	Glass Bead	0,45	Kg	Rp 35.700	Rp 16.065
3.	Minyak Thinner	1,05	Liter	Rp 21.500	Rp 22.575
<b>C.</b>	<b>Peralatan</b>				
1.	Compressor	0,075	Jam	179519,118	Rp 13.464
2.	Alat Bantu		Ls		
	Total				Rp 182.224
	Overhead Profit 10%				Rp 18.222
	Total Harga Satuan Pekerjaan				Rp 200.447

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*

## 5.4 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

Tabel 6.13 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

No.	Jenis Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp.)	Total Satuan (Rp.)
-----	-----------------	--------	--------	--------------------	--------------------

1.	Pekerjaan Tanah				
A.	Galian Biasa	160000	M3	Rp 103.227	Rp 16.516.389.804
B.	Timbunan Biasa	4300,63	M3	Rp 103.338	Rp 444.419.960
2.	Pekerjaan Perkerasan Berbutir				
A.	Pengerjaan Line Concrete	7200	M3	Rp 265.556	Rp 1.912.005.239
B.	Pengerjaan Agregat Klas B	3600	M3	Rp 253.089	Rp 911.120.451
C.	Pengerjaan Agregat Klas A	8400	M3	Rp 241.066	Rp 2.024.953.388
3.	Pencetakan Beton K-300				
A.	Pembuatan Beton K-400	6000	M3	Rp 1.056.677	Rp 6.340.064.805
B.	Pembesian Polos	55195,25	Kg	Rp 23.251	Rp 1.283.367.512
B.	Pembesian Ulir	5209,67	Kg	Rp 23.419	Rp 122.007.755
4.	Pekerjaan Drainase				
A.	Galian Untuk Drainase	1500	M3	Rp 54.799	Rp 82.197.823
B.	Pemasangan Batu Kali	3000	M3	Rp 742.224	Rp 2.226.671.384
5.	Pekerjaan Minor				
A.	Pekerjaan Marka Dan Rambu	776,7	M2	Rp 200.447	Rp 155.686.826
	Jumlah				Rp 32.018.884.946
	Ppn 10%				Rp 3.201.888.495
	Total				Rp 35.220.773.440

*Sumber: Hasil Pengolahan Data*

Jadi, anggaran biaya yang dibutuhkan dalam perencanaan peningkatan ruas jalan Turen-Bts. Kab. Lumajang adalah **Rp. 35.220.773.440,00** (Terbilang Tiga Puluh Lima Milyar Dua Ratus Dua Puluh Juta Tujuh Ratus Tujuh Puluh Tiga Ribu Empat Ratus Empat Puluh Rupiah).



## **BAB VII**

### **METODE PELAKSANAAN**

#### **5.1 Metode Pelaksanaan Peningkatan Ruas Jalan Turen-Bts. Kab. Lumajang Sta 23+000 – 26+000 Dengan Menggunakan Perkerasan Kaku**

Perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) adalah suatu susunan konstruksi perkerasan dimana sebagai lapisan atas digunakan pelat beton yang terletak diatas pondasi (*leanconcrete*) atau diatas tanah dasar pondasi atau langsung diatas tanah dasar (*subgrade*). Pada mulanya perkerasan kaku hanya diletakkan diatas tanah tanpa adanya pertimbangan terhadap jenis tanah dasar dan drainasenya. Ukuran saat itu hanya 6-7 inch. Seiring dengan perkembangan jaman, beban lalu lintas pun bertambah, akhirnya para *engineer* menyadari pentingnya pengaruh jenis tanah dasar terhadap pengerjaan perkerasan terhadap terjadinya *pumping* pada perkerasan. *Pumping* merupakan proses pengocokan butiran-butiran *subgrade* atau *subbase* pada daerah-daerah sambungan (basah atau kering) akibat gerakan vertikal pelat karena beban lalu lintas yang mengakibatkan turunnya daya dukung lapisan bawah tersebut.

#### **6.1.1 Urutan Pekerjaan Peningkatan Ruas Jalan Turen – Bts. Kab. Lumajang Sta 0+000 – 3+000 Dengan Menggunakan Perkerasan Kaku**

- a. Pengukuran elevasi menggunakan theodolite

Menentukan elevasi kemiringan badan jalan yang akan dilakukan ringis pavement (perkerasan kaku).

- b. Pengaturan lalu lintas dan pemasangan rambu
  - Memasang rambu lalu lintas di lokasi proyek, rambu yang digunakan:
    1. Rambu peringatan ada proyek
    2. Rambu kecepatan maksimum
    3. Rambu hati-hati
    4. Rambu penunjuk arah lalu lintas
  - Pemasangan cone pada jalan
  - Pemberian lampu penanda berfungsi pada malam hari
  - Penempatan *Flag man*
  - Penutupan separuh badan jalan sepanjang 100 m, sehingga lajur lalu lintas yang seharusnya digunakan untuk satu arah berubah menjadi dua arah secara bergantian
- c. Pekerjaan overlay sebagai Lean Concrete
 

Adapun dalam pelaksanaan pekerjaan peningkatan ini yang dilakukan adalah pelaksanaan lean concrete (LC). Dalam perencanaan lean concrete sendiri ada beberapa hal yang diperhatikan, seperti:

  - Pengaturan posisi kendaraan proyek
  - Pengecekan elevasi untuk lean concrete dengan theodolite
  - Penginstallan besi hollow
  - Pengecoran lean concrete dengan menggunakan molen dan kemudian diratakan oleh para pekerja.



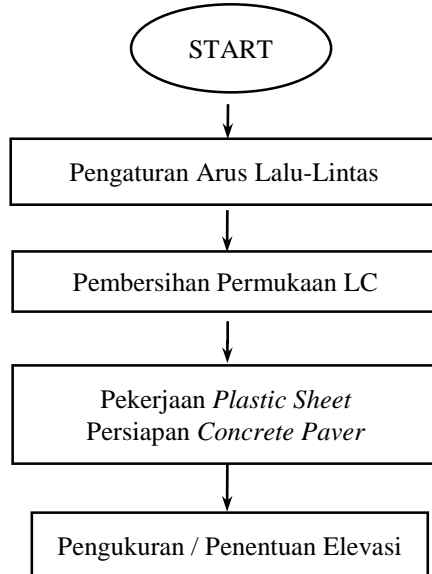
Gambar 6.1 Bagan alir pelaksanaan overlay sebagai Lean Concrete

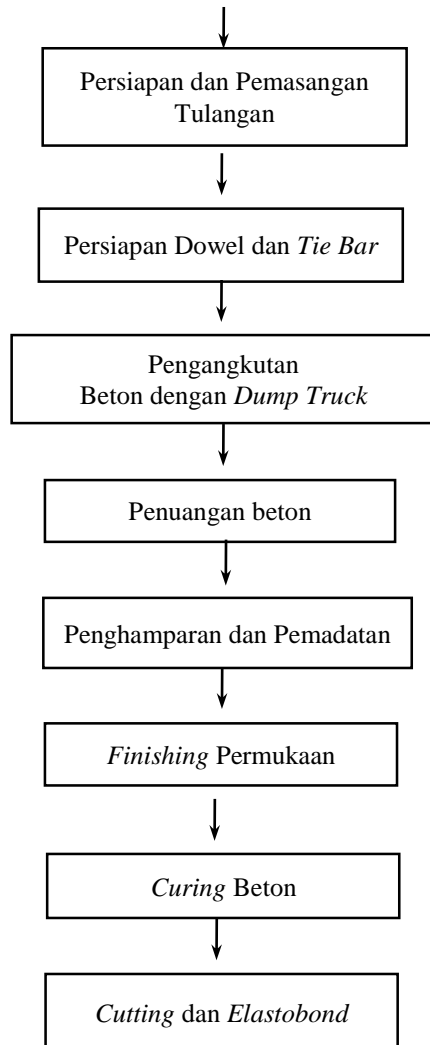
d. Pekerjaan Rigid Pavement

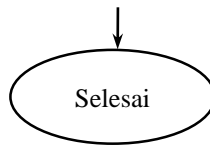
1. Persiapan Alat *Paver* (*paver with dowel bar inserter*) pada lokasi yang akan dilakukan pekerjaan *rigid pavement*.
2. Pekerjaan persiapan lahan *rigid* yang meliputi: penyiapan jumlah dowel sesuai dengan panjang area yang akan di-*rigid* (dalam hal ini per 100 m' akan dilakukan pekerjaan *rigid pavement*), persiapan tenda untuk melindungi area yang akan dilaksanakan pekerjaan *rigid* dan persiapan alat untuk *curing*.
3. Pengukuran dan pengecekan *elevasi rigid* serta pemasangan *slink* pada tepi area yang akan dilaksanakan pekerjaan *rigid*.
4. Pada tahap ini juga dilakukan berupa pemasangan tulangan yang digunakan sebagai komposisi utama dalam perkerasan semen beton bersambung dengan tulangan.
5. Sebelumnya juga dilakukan berupa pemasangan *decking*.
6. Pendatangan *Dump Truck* sebelum dilakukan pekerjaan *rigid*.
7. Penghamparan beton *readymix* dari *dump truck* ke area yang telah disiapkan lalu diratakan dengan *wheel excavator* yang berada di sisi samping area pelaksanaan *rigid*.
8. Setelah beton *readymix* dihamparkan lalu dipadatkan dengan menggunakan 16 *hydrolic vibrator* yang telah ada pada *paver* yang digunakan. Lalu diratakan dengan menggunakan *supersmoother* yang terdapat di salah satu sisi *paver*.

9. Pada jarak per 4,5 maka dipasangkan *dowelbar* (sambungan melintang) dan *tie bar* (sambungan memanjang), dengan menggunakan *dowel bar inserter* dan *tie bar inserter* yang merupakan salah satu bagian *paver*.
10. Setelah beton agak mengeras dilakukan *grooving* dan *curing* dengan menggunakan *curing compound*. Area yang telah diberi *curing compound* akan ditutup dengan menggunakan *plastic sheet*/terpal agar *water content* dalam beton dapat terjaga.
11. Selanjutnya *paver* akan bergerak terus hingga akhir pelaksanaan *rigid* yang telah ditentukan.

Berikut bagan alir dari pelaksanaan rigid pavement:







Gambar 6.2 Bagan Alir Pelaksanaan Rigid Pavement

a. Pekerjaan sambungan dan tulangan pada pelat beton

Pemasangan untuk *dowel* menggunakan baja polos dan untuk *tiebar*. Pada setiap jarak 4,5m untuk *main road* dipasang *dowel* dan dipasang *tiebar*. Perlemahan ini sengaja dibuat bertujuan agar retakan yang timbul pada pelat beton, baik retakan melintang karena susut (*shrinkage*) akibat proses pengerasan beton, maupun retakan memanjang karena gerakan lenting (*warping*) akibat perubahan panas – dingin pada siang dan malam hari, sehingga retakan mengarah dan terkumpul pada sambungan tersebut. Dengan kata lain sambungan berfungsi mengendalikan/ mengarahkan retakan pelat beton akibat susut dan lenting agar teratur, baik bentuk maupun lokasinya sesuai dengan design yang telah direncanakan. Adapun untuk tulangan sendiri berfungsi sebagai penyalur beban momen pada tengah tengah pelat.

b. Pengecoran dan pemadatan beton

Proses pengecoran dan pemadatan dilakukan menggunakan mesin *Paver Concrete DBI (Paver SP 500)*. Pengecoran pelat beton tebal 30cm (perencanaan) dengan beton mutu  $f_s 45 \text{ kg/cm}^2$  dan nilai *slump* max 5cm. Pengecoran/penggelaran harus dicek pada setiap

segmen untuk menghindari kegagalan – kegagalan yang fatal dan merugikan. Ketika beton *ready mix* dituangkan. Mesin *Paver ConcreteDBI (PaverSP 500)* akan berjalan sambil meratakan dan memadatkan beton tersebut. Ruji di bagian depan akan meratakan dan *vibrator* yang berada dibawah memadatkan beton. Bagian belakang *paver concrete* terdapat alat untuk meratakan beton. Di bagian belakang *paver concrete* diberi geotekstil yang ikut terseret saat *paver concrete* berjalan. Geotekstil ini dibasahi dengan air sehingga akan membantu memperhalus perkerasan.

c. Pembuatan alur (Grooving)

Pekerjaan *grooving* dilakukan setelah pengecoran, pekerjaan ini dimaksudkan untuk membuat tekstur-makro (*macrotexturing*) permukaan beton dengan cara membuat alur-alur memanjang atau melintang untuk mengalirkan air (drainase) guna mencegah Aqua-planing/hidro-planing. Aqua-planing/hidro-planing adalah peristiwa yang terjadi ketika roda kendaraan yang berjalan cepat tidak menyentuh permukaan jalan sebagai akibat adanya lapisan/genangan air diatas permukaan jalan sehingga kendaraan tidak dapat dikendalikan dengan baik.

d. Perawatan

Perawatan beton sangat diperlukan agar kekuatan beton yang direncanakan dapat diperoleh. Perawatan beton akan melindungi penguapan air campuran beton dan dari pengurangan atau penambahan panas akibat radiasi. Cara yang dilakukan untuk merawat beton adalah dengan menutup beton dengan lembaran geotekstil.



e. Pemotongan beton

Pemotongan atau penggergajian dilakukan pada sambungan pelat beton, harus tepat di tengah-tengah panjang *dowel/tiebar* agar retak yang terjadi tepat pada lokasi sambungan. Kedalaman *cutting* adalah 75 mm. Pekerjaan tersebut dilakukan 4-8 jam setelah selesai pengecoran untuk mencegah timbulnya retak susut yang tak terkendali. *Cutting* dilakukan pada setiap segmen, yaitu setiap jarak 4,5 m untuk *main road*. Saat *cutting* beton, *cutter* harus selalu disiram dengan air untuk menjaga suhunya agar tidak cepat memuai yang dapat mengakibatkan *cutter* cepat tumpul. Selain itu juga untuk menjaga agar beton tidak retak saat dicutting. *Cutting* berfungsi memberikan celah untuk *rigid pavement* dimana terjadi retakan di atas *dowel* dan *tie bar*, sehingga retakan pada pelat beton terjadi tidak meluas dan hanya terjadi pada daerah yang sudah direncanakan untuk patah/retak yaitu daerah *dowel* dan *tiebar*.

### 6.1.2 Komponen Pekerjaan Rigid Pavement

Adapun komponen dalam pekerjaan rigid pavement:

1. Dump Truck

Dump Truck adalah sebuah alat pengangkut bahan atau material yang mana penggunaannya masing-masing jenis tergantung keadaan dan kebutuhan lapangan. Kapasitas dump truck yang dipilih hendaknya berimbang dengan alat pemuatnya (loader).

#### **Waktu Kerja dan Siklus Dump Truck**

Gerakan-gerakan dump truck dalam beroperasi meliputi:

1. Menunggu untuk dimuat, menempatkan truck dekat alat pemuat, menunggu sambil dimuat. (Fixed Time).
2. Memuat bahan / material ke lokasi (Variable Time).

Gerakan-gerakan dasar tadi akan menentukan lama waktu siklus, tetapi waktu ini juga tergantung dari ukuran / jenis Dump Truck. Dump Truck yang kecil waktu siklusnya akan lebih cepat, sebaliknya dengan dump truck yang besar waktu siklusnya pun akan lambat.

### **Perhitungan Produksi Dump Truck**

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi produktifitas Dump Truck yaitu:

- a. Kondisi lapangan/pekerjaan
  - Keadaan dan jenis tanah
  - Tipe pembuangan
  - Kemampuan operator
  - Manajemen
- b. Faktor peralatan
  - Attachment yang cocok untuk pekerjaan ini
  - Kapasitas *buket*
- c. Faktor cuaca
- d. Faktor material

#### **1. Excavator**

Excavator adalah sebuah peralatan penggali pengangkat dan pemuat tanah tanpa terlalu banyak berpindah tempat. Bagian pokok excavator adalah sebagai berikut:

1. Traver Unit, merupakan bagian untuk berpindah (roda

- ban atau roda rantai)
2. Revolving Unit, merupakan bagian yang berputar dan pusat semua gerakan. Bagian – bagian penting dari revolving unit adalah cabin, control levers dan operation seat.
  3. Attachment merupakan peralatan tambahan yang dipasang pada excavator.

Jenis – jenis attachment yang dapat digunakan adalah:

- a. Shovels
- b. Backhoe
- c. Dragline
- d. Chamshell

Dalam pelaksanaan pekerjaan digunakan attachment backhoe. Backhoe adalah merupakan jenis Shovels yang khusus dibuat untuk penggalian tanah dibawah permukaan seperti parit, galian pondasi, dan lain lain

Gerakan – Gerakan backhoe dalam beroperasi ada empat macam:

1. Pengisian Bucket
2. Mengangkat dan Swing
3. Membuang
4. Mengayun balik

Empat gerakan dasar tadi akan menentukan lama waktu siklus, tetapi waktu

ini juga tergantung dari ukuran backhoe. Backhoe yang kecil waktu iklusnya lebih cepat, sebaliknya dengan kerja yang berat seperti tanah yang keras excavator menjadi lebih lambat.



Gambar 6.3 Excavator

Beberapa factor yang dapat mempengaruhi produktivitas backhoe yaitu:

1. Kondisi pekerjaan
  - a. keadaan dan jenis tanah
  - b. tipe pembuangan
  - c. kemampuan operator
  - d. pengaturan
2. Faktor mesin
  - a. Attachment yang cocok untuk pekerjaan itu
  - b. Kapasitas bucket
  - c. Waktu siklus yang dipengaruhi oleh kecepatan travel dan

system hidrolis.

### 3. Faktor swing dan kedalaman galian.

Dalam pengoprasian, makin dalam pemotongan yang diukur dari permukaan tempat excavator beroperasi, makin sulit pula pengisian 60 bucket secara optimal dengan sekali gerakan. Dengan demikian untuk memperoleh pengisian bucket secara optimal diperlukan beberapa kali gerakan yang akan menambah waktu siklus

## 2. Paver Concrete

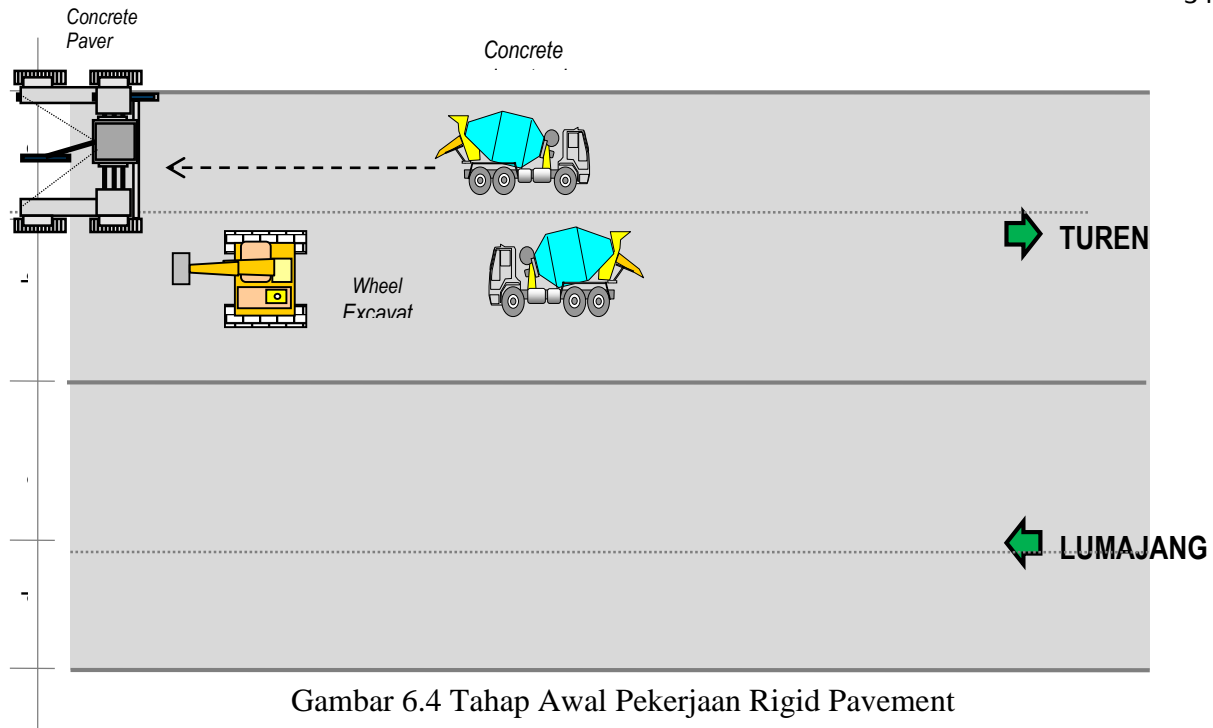
*Concrete Paver* mencakup beberapa bagian antara lain :

1. *Auger* : penyebar adukan beton
2. *Screed*: pengatur masukan beton ke dalam mold / cetakan
3. *Vibrator* : jumlahnya cukup dan tersebar merata ( frekuensi 160 – 200 Hz)
4. *Mold* : pembentuk perkerasan / cetakan
5. *Super smooter* : Penghalus permukaan

6. *Tie bar inserter* : penyisip tulangan sambungan memanjang otomatis  
Dapat dilengkapi dengan dowel inserter
3. Vibrator
4. Truk mixer
5. *Traffic Management*
6. Compressor
7. Pencahayaayan, yang terdiri dari:
  - Rambu peringatan ada proyek
  - Rambu kecepatan maksimum
  - Rambu hati-hati
  - Rambu penunjuk arah lalu lintas

### **6.1.3 Penggambaran Peningkatan Ruas Jalan Turen – Bts. Kab. Lumajang Dengan Menggunakan Perkerasan Kaku**

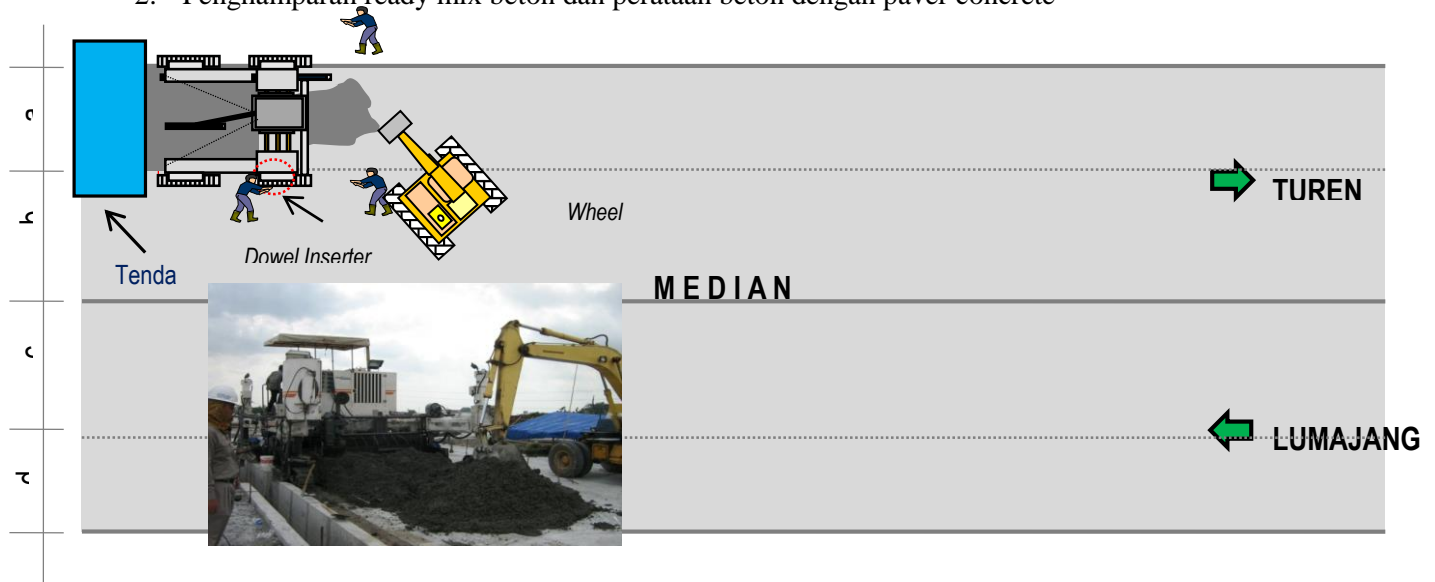
1. Pekerjaan Rigid Pavement dimulai dengan membagi 2 segment tiap lajur. Pekerjaan dimulai dengan pembersihan lokasi pekerjaan (LC), penyiapan dowel dan tie bar, penulangan serta penyiapan alat. Beton segar dibawa menggunakan dump truk dari batching plan menuju lokasi pekerjaan.



Gambar 6.4 Tahap Awal Pekerjaan Rigid Pavement

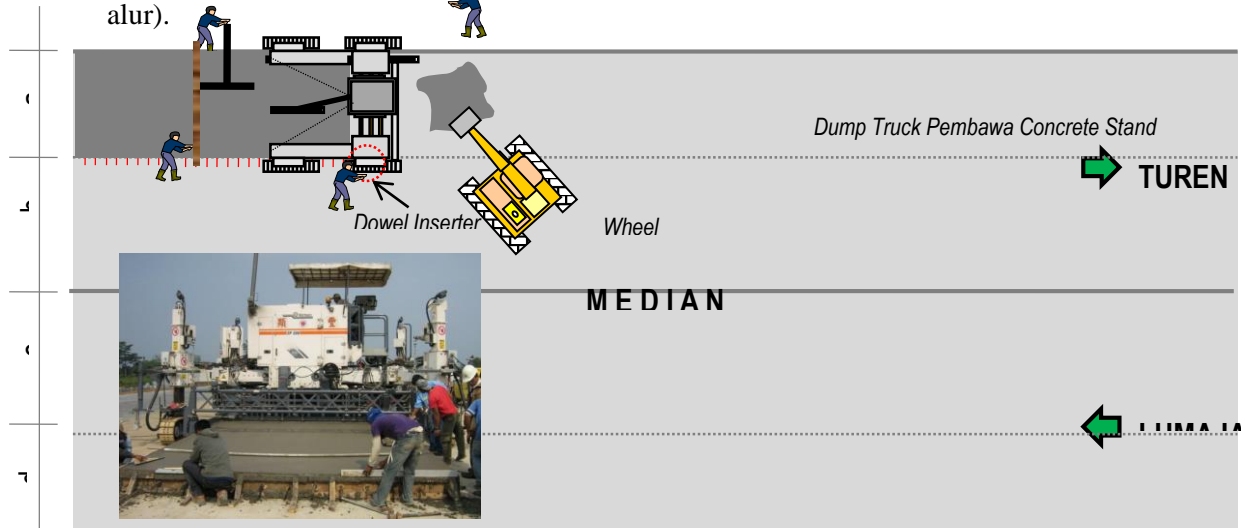


## 2. Penghamparan ready mix beton dan perataan beton dengan paver concrete



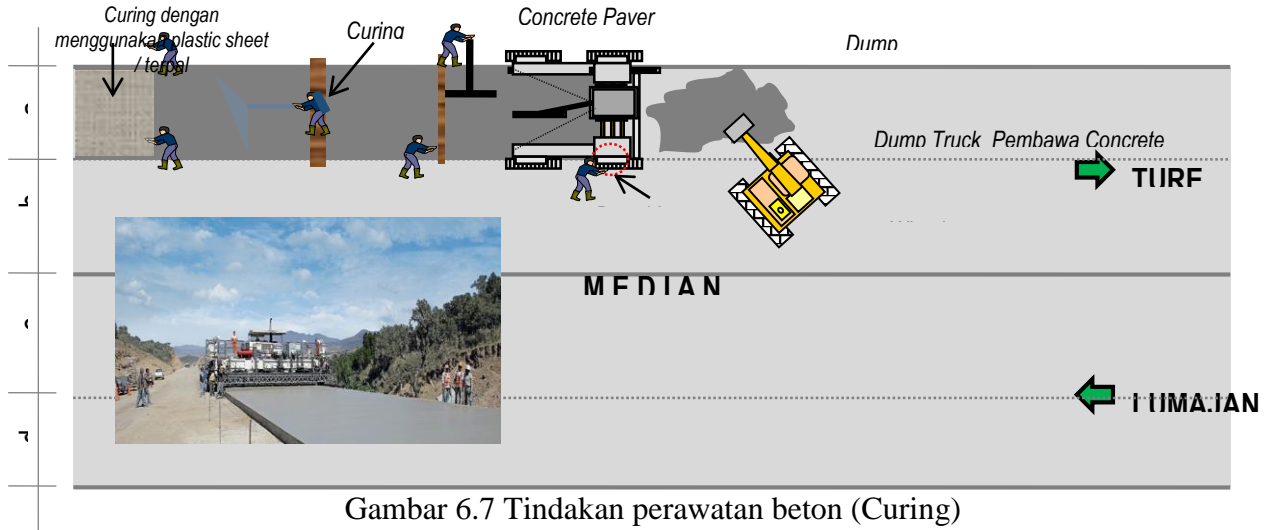
Gambar 6.5 Pekerjaan penghamparan Readymix beton

3. Sementara siklus penghamparan dan pemadatan beton rigid terus berlangsung, kemudian beton yg sudah dihamparkan dan dipadatkan oleh paver dilanjutkan dengan pekerjaan grooving (pembuatan alur).



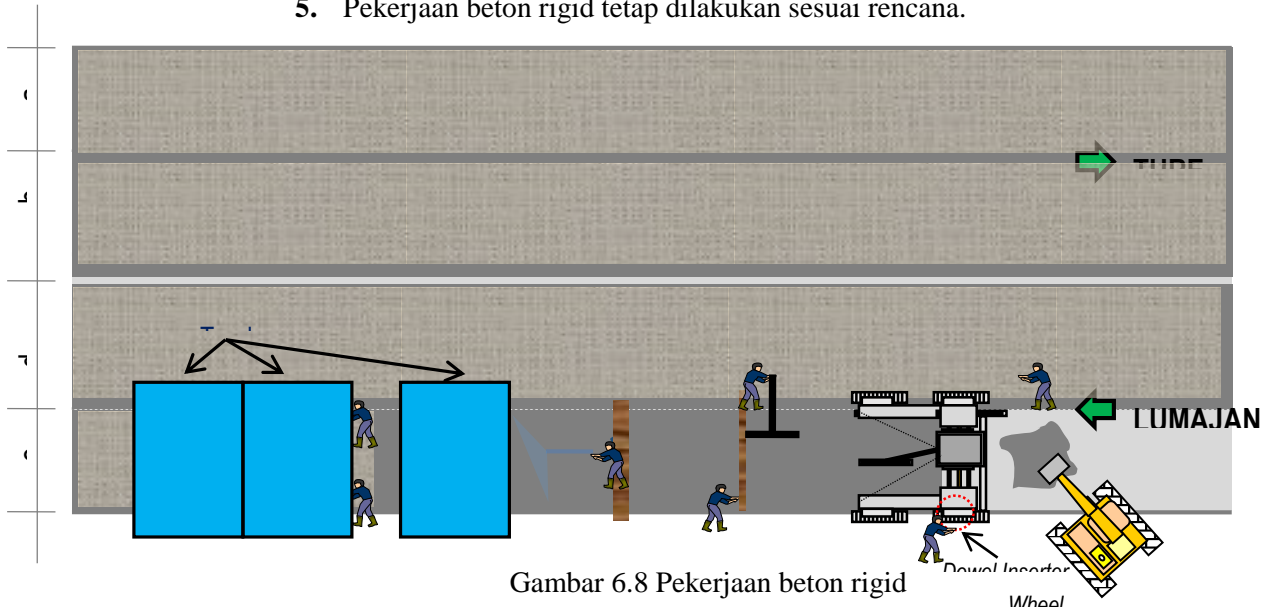
Gambar 6.6 Pembuatan grooving

4. Setelah pekerjaan grooving kemudian dilanjutkan dengan tindakan perawatan beton (curing) dengan menyemprotkan curing compound sesaat setelah grooving, kemudian beton yang mulai mengeras setelah 4 jam ditutup dengan menggunakan *plastic sheet* / terpal. Pekerjaan beton rigid pavement terus berlanjut sesuai rencana pekerjaan.



Gambar 6.7 Tindakan perawatan beton (Curing)

5. Pekerjaan beton rigid tetap dilakukan sesuai rencana.



Gambar 6.8 Pekerjaan beton rigid

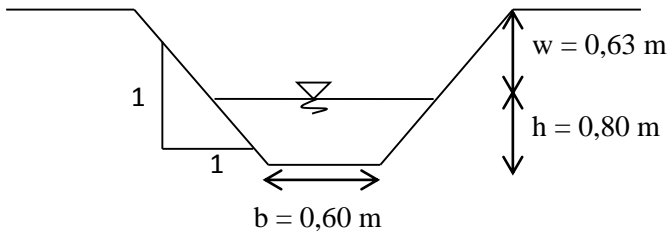
## **BAB VIII**

### **PENUTUP**

#### **7.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perhitungan perencanaan peningkatan jalan dengan perkerasan kaku pada ruas jalan Turen-Bts. KAb. Lumajang Sta 0+000-3+000 Kabupaten Malang dengan panjang sebesar 3000 m dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan analisa kapasitas jalan pada kondisi eksisting 2/2 UD dengan lebar badan jalan 5 m pada tahun 2015 masih tidak dibutuhkan pelebaran. Tetapi saat umur rencana 2021 DS sudah melewati batas dari derajat kejenuhan (DS) yaitu 0,75. Sehingga untuk badan jalan mengalami perubahan menjadi 4/2 UD dengan lebar badan jalan sebesar 12 m.
2. Dari hasil analisa kontrol geometrik yang dilakukan ternyata memerlukan perubahan geometrik pada ruas jalan ini.
3. Peningkatan jalan menggunakan perkerasan kaku menggunakan Beton K-400 dengan tebal slab beton 20 cm dan fondasi bawah CBK (*Lean Concrete*) 12,5 cm. Tulangan memanjang menggunakan diameter 12 mm jarak 300 mm dan tulangan melintang menggunakan diameter 12 mm jarak 350 mm.
4. Perencanaan saluran tepi drainase menggunakan bentuk trapesium dengan bahan pasangan batu kali dengan dimensi saluran sebagai berikut:



5. Rencana anggaran biaya untuk perencanaan ruas jalan Turen-Bts. Kab. Lumajang Sta 0+000-3+000 adalah sebesar

## 7.2 Saran

Dari hasil uraian diatas, ada beberapa yang perlu diperhatikan:

1. Penambahan lapis *Lean Concrete* pada perkerasan digunakan untuk mengantisipasi agar beton tidak retak jika beton diletakkan diatas perkerasan lentur yang permukaannya tidak rata.
2. Penggunaan plastik diperlukan pada pekerasan kaku agar air tidak lari menuju tanah yang nantinya memeperngaruhi CBR tanah dasar maupun kekuatan dari beton itu sendiri.

3. Diperlukan data lalu lintas yang lebih lengkap dan pengecekan dengan survey lalu lintas langsung ke lapangan agar didapatkan nilai pertumbuhan lalu lintas yang lebih akurat. Dan juga diperlukan data sekunder lalu lintas yang valid agar tidak mengalami pertumbuhan lalu lintas yang janggal.
4. Anggaran biaya yang dibutuhkan dalam perencanaan peningkatan ruas jalan Turen-Bts. Kab. Lumajang adalah **Rp. 35.220.773.440,00** (Terbilang Tiga Puluh Lima Milyar Dua Ratus Dua Puluh Juta Tujuh Ratus Tujuh Puluh Tiga Ribu Empat Ratus Empat Puluh Rupiah).

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



## DAFTAR PUSTAKA

Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. **Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997** : Departemen Pekerjaan Umum

Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah. 2003. **Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T-14-2003** : Departemen Pekerjaan Umum

Departemen Pekerjaan Umum. 2006. **Perencanaan Sistem Drainase Jalan Pd. T-02-2006-B** : Departemen Pekerjaan Umum.

SNI 03-3424-1994. 1994. **Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan** : Badan Penerbit Pekerjaan Umum.

Departemen Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur. 2014. **Standar Satuan Harga Satuan Konstruksi dan Analisa Harga Satuan Pekerjaan** : Badan Penerbit Pekerjaan Umum.

Soedarsono, 1979. **Konstruksi Jalan Raya**. Pekerjaan Umum. Bandung

## **Biodata Penulis**



### **MOH. HADIYATULLAH**

Penulis dilahirkan di Pamekasan 20 April 1994. Merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDIT Al-Irsyad, dan SDN Barurambat Kota 1 Pamekasan, SMPN 2 Pamekasan, SMAN 1 Pamekasan. Setelah lulus dari SMAN 1 Pamekasan pada tahun 2012, penulis mulai mengejar lagi cita-citanya untuk kuliah di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan mengikuti SNMPTN, tetapi

penulis gagal di terima di ITS lewat jalur SNMPTN, kemudian penulis masih bersemangat mengejar cita-citanya lagi dengan mendaftar di Program Studi Diploma III ITS, dan akhirnya Allah SWT merestui penulis untuk melanjutkan studi di ITS dengan di terima di Jurusan Diploma III Teknik Sipil ITS pada tahun 2012 dan terdaftar dengan NRP 3112 030 057.

## **Biodata Penulis**



Penulis yang bernama lengkap Barry Nufa, dilahirkan di kota Sumenep pada 10 Mei 1994. Penulis merupakan anak keempat dari empat bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Al-Qur'an Suryalaya Sumenep pada tahun 1998 - 2000, SDN Bangselok 1 Sumenep pada tahun 2000 - 2006, SMPN 1 Sumenep pada tahun 2006 - 2009, SMA Negeri 1 Sumenep pada tahun 2009 - 2012. Setelah lulus dari SMA Negeri 1 Sumenep, penulis mengikuti ujian Seleksi Masuk Diploma III Reguler ITS dan diterima di jurusan Diploma III Teknik Sipil pada tahun 2012. Penulis terdaftar dengan nomor NRP 3112030082. Di jurusan Teknik Sipil ini penulis mengambil konsentrasi bidang Bangunan Transportasi. Penulis juga aktif mengikuti seminar – seminar baik itu di kampus ataupun di luar kampus. Penulis juga pernah terdaftar dalam kepengurusan HIMA D3Teksi dan menjabat sebagai sekretaris departemen kewirausahaan pada periode 2013 -2014.